

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

"UTILIZAÇÃO DE CÂMARAS DE PEQUENO FORMATO NO CADASTRO TÉCNICO URBANO"

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL

AMILTON AMORIM

FLORIANÓPOLIS, maio de 1993.

Amorim, Amilton

Utilização de câmaras de pequeno formato no cadastro técnico urbano. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 1993.

105 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

1. Cadastro técnico urbano. 2. Câmaras de pequeno formato. 3. Fotogrametria. I. Título.

CDD: - 623.72

UTILIZAÇÃO DE CAMARAS DE PEQUENO FORMATO NO CADASTRO TÉCNICO URBANO

AMILTON AMORIM

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM ENGENHARIA

especialidade ENGENHARIA CIVIL e aprovada em sua forma final pelo
Programa de Pós-Graduação.

Carlos Loch

Prof. Carlos Loch (Orientador)

Dora Gih

P/ Prof. Roberto Lamberts (Coordenador do Curso)

BANCA EXAMINADORA:

Carlos Loch

Prof. Carlos Loch (Presidente)

José Bittencourt de Andrade

Prof. José Bittencourt de Andrade

Norberto Hochheim

Prof. Norberto Hochheim

Aos meus pais, Izaura, Antonio, Luzia e Arlindo,
e aos meus irmãos ..., pelo amor e confiança que
me dedicaram.

À minha eterna companheira Margarete, pelo
estímulo e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Nossos mais sinceros agradecimentos às pessoas e entidades, cuja colaboração possibilitou a conclusão deste trabalho:

Ao Professor Dr. CARLOS LOCH, pela precisa e dedicada orientação, imprescindível a execução deste trabalho.

À Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade oferecida para a realização do curso de mestrado em Engenharia Civil, proporcionando subsídios para a execução deste trabalho.

À Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista - UNESP, campus de Presidente Prudente, pela concessão de equipamentos de Fotogrametria e suas dependências, as quais foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

À Universidade Federal do Paraná, pela concessão da Câmara Fotográfica RolleiFlex 6006, utilizada para a obtenção das fotografias aéreas de pequeno formato, grande objeto de estudo deste trabalho.

Aos Eng^{OS} MARCELO ANTONIO FURLANETTO RÚBIO e JOSÉ MILTON ARANA, pela colaboração na obtenção das fotografias aéreas de pequeno formato.

À MARIA JOSÉ TRISÓGLIO, pela normalização técnica deste trabalho.

À Fundação para o Desenvolvimento da UNESP - FUNDUNESP, pelo convênio firmado com a Prefeitura Municipal de DESCALVADO-SP, estabelecendo a base cartográfica necessária a pesquisa, especialmente ao Prof. NILTON RICETTI XAVIER DE NAZARENO pela dedicada coordenação.

À Prefeitura Municipal de DESCALVADO, pelo apoio a pesquisa e o grande suporte financeiro, sem o qual este trabalho não teria sido realizado.

Ao Eng^o HONÓRIO LUIZ PRATA, assessor técnico da Prefeitura Municipal de Descalvado, por ter demonstrado interesse e confiança neste trabalho.

À Coordenação do Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo auxílio financeiro prestado.

A todos os demais colegas que, de todas as formas contribuíram para a execução deste trabalho.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo geral	15
2.2	Objetivos específicos	15
3	JUSTIFICATIVA	16
4	REVISÃO DE LITERATURA	18
4.1	Cadastro Técnico Urbano	18
4.1.1	Definição	18
4.1.2	Implantação	18
4.2	Utilização de imagens orbitais e fotografias aéreas no Cadastro Técnico Urbano	19
4.2.1	Considerações iniciais	19
4.2.2	Utilização de imagens orbitais no Cadastro Técnico Urbano	20
4.2.3	Utilização de fotografias aéreas convencionais no Cadastro Técnico Urbano	22
4.2.3.1	Uso da Fotointerpretação no Cadastro Técnico Urbano	23
4.2.3.2	Uso da Fotogrametria como base para o mapeamento urbano	24
4.2.3.3	Precisão do Cadastro Técnico Urbano	25
4.2.3.4	Vôo fotogramétrico	31
4.2.3.5	Superposição e Controle Terrestre	33
4.2.4	Utilização de fotografias aéreas tomadas a partir de câmaras de pequeno formato no Cadastro Técnico Urbano	35
4.2.4.1	Diferenças básicas entre fotografias aéreas de pequeno formato e fotografias aéreas convencionais ..	41
4.3	Base Cartográfica	43
4.3.1	Considerações iniciais	43
4.3.2	Sistema Universal Transverso de Mercator (UTM)	44
4.3.2.1	Histórico	44
4.3.2.2	Definição	45
4.3.2.3	Especificações do Sistema UTM	45

4.3.3	Sistema Local Transverso de Mercator (LTM)	47
4.3.3.1	Características do Sistema LTM	48
4.3.4	Comparação entre UTM e LTM	50
5	ÁREA DE ESTUDO	53
5.1	Localização	53
5.2	Histórico	54
5.3	Atividades econômicas	55
5.4	Atrações turísticas	56
5.5	Aspectos físicos	56
5.6	Dados sócio-econômicos	57
6	MATERIAL E METODOLOGIA	58
6.1	Material	58
6.1.1	Material cartográfico	58
6.1.2	Equipamentos	58
6.1.3	Software	59
6.2	Metodologia	60
6.2.1	Dados a priori	60
6.2.2	Conscientização da prefeitura	61
6.2.3	Convênio DESCALVADO/FUNDUNESP	62
6.2.3.1	Coleta e organização de dados	62
6.2.3.2	Planejamento do controle terrestre	63
6.2.3.3	Reconhecimento	63
6.2.3.4	Pontos de apoio	64
6.2.3.5	Execução do rastreamento por GPS	65
6.2.3.6	Aerotriangulação	66
6.2.3.7	Restituição	67
6.2.4	Digitalização	67
6.2.5	Obtenção das fotografias aéreas com a câmara de pequeno formato	71
6.2.5.1	Plano de voo	71
6.2.5.2	Execução do voo	73
6.2.5.3	Material fotográfico	73
6.2.6	Fotointerpretação da fotografias aéreas de pequeno formato	74
6.2.7	Atualização da planta planimétrica digitalizada	75
6.2.8	Leitura de coordenadas no monocomparador	75

6.2.9	Transformação das coordenadas do sistema de comparador para o sistema de espaço objeto (UTM)	77
6.2.9.1	Transformação Plana Projetiva	78
6.2.10	Preparação para o sistema gráfico	81
7	ANÁLISE DOS RESULTADOS	83
7.1	Vôo fotogramétrico de 1989	83
7.2	Vôo fotogramétrico de 1992	84
7.3	Análise das áreas atualizadas	90
8	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	96
8.1	Conclusões quanto as fotografias aéreas de pequeno formato	96
8.1.1	Recomendações sobre as fotografias aéreas de pequeno formato	97
8.2	Conclusões sobre a atualização cadastral utilizando as fotografias aéreas de pequeno formato	99
8.2.1	Recomendações sobre a atualização cadastral utilizando as fotografias aéreas de pequeno formato	100
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

LISTA DE FIGURAS

01 - Uso de superposição longitudinal de 80%	34
02 - Estereocomparador - SFS-3 (ROSS Instruments Ltd.)	40
03 - Configuração do Sistema UTM	46
04 - Configuração do Sistema LTM	49
05 - Localização da área de estudo	53
06 - Planta digitalizada do perímetro urbano (1:25000)	70
07 - Plano de voo	72
08 - Planta atualizada de perímetro urbano (1:25000)	82
09 - Cópia-contato na escala original do voo (1:15000)	84
10 - Ampliação fotográfica em escala 1:5000	85
11 - Ampliação fotográfica de uma quadra em escala 1:1000)	86
12 - Planta de quadra em escala 1:1000	87
13 - ZOOM da cena-3, em escala 1:2000 com a análise das discrepâncias	91
14 - cena-1, em escala 1:5000	92
15 - cena-2, em escala 1:5000	93
16 - cena-3, em escala 1:5000	94
17 - cena-4, em escala 1:5000	95

LISTA DE TABELAS

01 - Comparação entre as fotografias aéreas, convencionais e de pequeno formato	42
02 - Erros devido ao sistema de projeção UTM	50
03 - Erros devido ao sistema de projeção LTM	51
04 - Comparação entre os custos do vôo, convencional e com câmara de pequeno formato	96

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma metodologia alternativa, técnica e financeiramente viável, para a atualização do Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano de municípios de pequeno e médio portes, podendo ser recomendada, para a aplicação em curtos períodos de tempo.

O desenvolvimento desta pesquisa teve como ferramentas básicas, as fotografias aéreas convencionais e fotografias aéreas obtidas por câmara de pequeno formato.

A área teste localiza-se em DESCALVADO, um pequeno município no interior do Estado de São Paulo, onde um voo fotogramétrico convencional foi executado em 1989, o qual permitiu a restituição em escala 1:2000. Recursos financeiros foram também alocados para permitir o uso de uma câmara de pequeno formato, a bordo de uma aeronave monomotor, para a obtenção de fotografias aéreas. Tais fotografias aéreas de pequeno formato foram utilizadas na atualização do mapeamento gerado, para a área urbana, com as fotografias convencionais.

Os resultados obtidos, com o uso das fotografias aéreas de pequeno formato foram satisfatórios, enquadrando-se no Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC, estabelecido pela Legislação Federal de Cartografia e Aerolevantamento, para cartas de Classe - A em várias escalas.

ABSTRACT

This work aimed at presenting an alternative methodology, which is technically and financially feasible, for updating Urban Multiuse Cadaster of small and medium size municipalities, being recommended for application at short periods of time.

The development of this research has had as basic tools conventional aerial photographs as well as aerial photographs taken by a small format camera.

The test area is located at Descalvado, a small municipality in the São Paulo State countryside, where a conventional photogrammetric flight was carried out in 1989, allowing the restitution at the scale of 1:2000. Financial resources were also supplied in order to allow the use of small format camera on-board a single motor airplane, so that aerial photography could be taken. Such small format photographs were employed for updating maps made for the urban area using conventional photographs.

Results obtained through the use of small format aerial photos have proved satisfactory, falling within the Cartographic Accuracy Standards established by Federal Law of Cartography and Aerial Surveying, for Class A maps at various scales.

1 INTRODUÇÃO

A implantação do sistema de Cadastro Técnico Multifinalitário em um município é de grande importância, pois o mesmo deve fornecer dados físicos e sócio-econômicos dessa área, os quais são indispensáveis ao planejamento municipal.

Através do Cadastro, podem ser identificados problemas existentes no município, tais como, titulação de terras, falta de infra-estrutura, parcelamento indevido ou ilegal do solo, e outros elementos indispensáveis para o planejamento físico espacial municipal.

O sistema cadastral é formado por um conjunto de mapas temáticos e levantamentos sócio-econômicos que dão condições ao planejador, de retratar a realidade do município e assim, traçar as diretrizes do planejamento, podendo até mesmo ordenar a expansão urbana, que está se tornando cada vez mais problemática nos últimos anos, devido aos constantes problemas econômicos do país.

A expansão urbana é fruto da própria atividade sócio-econômica do Homem, a qual é muito dinâmica, portanto, gera problemas sócio-econômicos que acabam por incentivar uma expansão urbana acentuada e desordenada, proporcionando problemas, tanto para a administração municipal quanto para a própria comunidade.

Segundo CAVALHEIRO¹ apud TAUKE (36), as alterações ambientais e climáticas no meio urbano, podem ser citadas como um dos graves problemas causados pela expansão urbana desordenada. Pois, segundo ERIKSEM (15), os estudos realizados até agora indicam que o fenômeno denominado Ilha de Calor deve-se menos ao efeito estufa e mais a fatores urbanos específicos, tais como: efeito da transferência de energia nas

¹ CAVALHEIRO, F. C. Funções da Arborização Urbana. In: Seminário Sobre Coexistência de Sistemas Elétricos e Arborização Urbana, 1984, Campinas. Anais ...

construções urbanas, com formas especiais (estruturas verticais, cores e tipo de material contituinte); evaporação reduzida e consequentemente falta do efeito refrescante a ela associado (pouco revestimento vegetal e rápido escoamento das águas pluviais por canalizações); produção de energia antropogênica pelos processos realizados nas indústrias, trânsito e residências.

Nota-se, portanto, a importância do controle do espaço físico-territorial para a organização do meio urbano. Pois, dessa maneira pode-se definir diretrizes para o planejamento de forma a contribuir para a qualidade de vida da população.

Segundo LOCH (23), o Brasil necessita do mapeamento e do reconhecimento de todas as propriedades rurais e urbanas, para que possa fazer um planejamento do uso do solo, iniciando-se com o planejamento à nível municipal, menor unidade política do país.

Segundo DALE & MACLAUGHLIN (13), um sistema de informações pode ter um formato definido pela combinação de recursos técnicos e humanos, em conjunto com uma série de procedimentos de organização. Estas informações produzem um suporte para a administração, satisfazendo grande parte das necessidades desta área. A operação de um sistema de informações imobiliárias inclui a aquisição e montagem dos dados; seu processamento, armazenamento e manutenção; sua recuperação, análise e disseminação.

Sabe-se portanto, que os governos Federais, Estaduais e Municipais geralmente não dispõem de recursos humanos e muito menos financeiros para projetos desta amplitude, mesmo reconhecendo a importância do mesmo.

Nota-se que nos últimos anos, a política brasileira caminhou para a concretização da autonomia dos municípios, isto é, os municípios terão que gerar recursos próprios para resolver seus problemas internos, pois o Fundo de Participação dos Municípios (FPM), que é a verba repassada aos municípios pelo governo federal, está se tornando, cada vez mais, insuficiente.

Considerando que o Fundo de Participação dos Municípios (FPM), em grande parte dos municípios brasileiros constitui-se numa porcentagem significativa e segura da composição da receita, estes deverão investir no controle do espaço físico-territorial, pois assim poderão aumentar a arrecadação e evitar despesas desnecessárias.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Estudar a viabilidade de uso de fotografias aéreas de pequeno formato no Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano.

2.2 Objetivos específicos

- a) Testar uma metodologia de atualização cadastral periódica, utilizando fotogrametria analítica aplicada às câmaras de pequeno formato
- b) Determinar a maior escala possível de restituição, com estas fotos, para planimetria, atendendo ao Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), estabelecido pela Legislação de Cartografia e Aerolevantamento
- c) Obter uma análise comparativa de custos entre a fotogrametria convencional e a fotogrametria com câmaras de pequeno formato
- d) Testar um sistema de armazenamento de dados, utilizando o software AUTOCAD para microcomputadores do tipo PC, como auxiliar na atualização de cartas.

3 JUSTIFICATIVA

As grandes cidades brasileiras possuem hoje graves problemas de infra-estrutura ocasionados principalmente pela falta de condições que os planejadores encontravam e encontram para realizar seus trabalhos.

Isso tudo, aliado a um êxodo rural acentuado a partir da década de 60, proporcionou um grande crescimento da população concentrada nas cidades.

Um conjunto de fatores, entre eles a falta de um ordenamento físico-espacial e recursos financeiros dos municípios, vêm colaborando em muito com a expansão urbana desordenada, que por sua vez produz graves problemas de infra-estrutura, baixando cada vez mais a qualidade de vida da população.

Pela atual política brasileira, entende-se que os municípios terão que se tornar auto-sustentáveis em muito pouco tempo, portanto os mesmos possuem somente uma saída, que é ter uma receita maior que suas despesas, ou seja, gastar menos do que arrecadam.

De acordo com GONDIM (17), o planejamento pode ser uma peça fundamental no esforço coletivo para solucionar e evitar graves problemas de desenvolvimento urbano. Para tanto, ele deve ser concebido como um instrumento da gestão eficaz do município, o que requer uma preocupação constante com a eficiência administrativa e um grande compromisso com a democracia.

Se as grandes cidades brasileiras possuem graves problemas quanto a sua organização, foi principalmente porque antigamente não se organizavam.

Percebe-se então, que a principal justificativa deste trabalho reside na necessidade de gerar recursos próprios, para que o município possa se organizar e acompanhar sua própria evolução, pois o sistema cadastral bem organizado pode proporcionar uma considerável melhoria nas condições de planejamento e arrecadação, além de estabelecer uma justa política tributária.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Cadastro Técnico Urbano

4.1.1 Definição

Segundo LOCH (21), Cadastro Técnico Urbano compreende o conjunto de informações descritas sobre a propriedade imobiliária (pública ou privada) dentro do perímetro urbano de um município, apoiado sempre no sistema cartográfico, que é a base para a representação dos dados de múltiplas finalidades.

4.1.2 Implantação

Segundo BAHR (06), o sistema cadastral deve ser, entendido como o sistema de registro de dados que caracterizam uma determinada área de interesse. Estes registros são feitos de forma descritiva e sempre apoiados em uma base cartográfica.

Portanto, a implantação de um sistema cadastral, deve visar o fornecimento de informações tais: a localização geográfica dos imóveis, a finalidade a que se destina estes imóveis, a situação dos mesmos quanto à titulação, etc.

Segundo o mesmo autor, os requisitos básicos para a implantação de um sistema cadastral ideal são:

a) O cadastro deve ser completo: no caso do Cadastro Urbano, deve abranger todo o perímetro urbano e com o maior número de informações possível, num curto espaço de tempo

b) O cadastro deve ser ligado ou integrado ao mapeamento sistemático nacional: só assim possibilita a avaliação municipal num contexto regional ou global, permitindo melhores ações de planejamento

c) O cadastro deve servir para múltiplas finalidades: quanto maior o número de informações, maior o número de benefícios gerados

d) O cadastro deve ser atualizado constantemente: desta forma, pode-se confiar, sem restrições, nas informações extraídas do mesmo.

4.2 Utilização de imagens orbitais e fotografias aéreas no Cadastro Técnico Urbano

4.2.1 Considerações iniciais

As imagens aéreas, tanto convencionais como orbitais, são fundamentais para a execução das cartas temáticas e topográficas que compõem o Cadastro Técnico.

Estas imagens apresentam uma visão panorâmica e global das áreas de interesse para o mapeamento, e além de oferecer as melhores condições de precisão e manipulação de dados, ainda diminuem o volume dos trabalhos de campo.

O aumento da densidade demográfica nas cidades provoca uma certa escassez de espaço físico, aumentando a demanda pela terra e, surgindo assim, em linhas gerais, uma expansão urbana de certa forma desordenada com o surgimento de loteamentos clandestinos e este fato é mais acentuado em países subdesenvolvidos, como o Brasil.

A expansão urbana é um elemento importante a ser estudado para a execução do planejamento regional e urbano, uma vez que ela mostra as

tendências ocupacionais nas áreas passíveis de expansão. Com o auxílio de séries históricas das imagens aéreas é possível aos planejadores, antecipadamente, observarem para onde está caminhando a expansão urbana.

O monitoramento da expansão urbana horizontal, pode ser feito facilmente com as imagens de satélite, já a expansão vertical necessita de fotografias aéreas de grande escala para se obter resultados satisfatórios.

4.2.2 Utilização de Imagens Orbitais no Cadastro Técnico Urbano

Segundo LOCH & KIRCHNER (24), as imagens de satélite, por enquanto prestam-se com eficiência para a atualização do mapeamento cadastral, quando se trata de mapeamentos de uso do solo, aptidão do solo, etc., principalmente em áreas rurais, e quando se tem em mãos, a priori, o cadastro técnico executado por fotografias aéreas convencionais, e mesmo assim, sendo impossível a atualização das plantas das quadras devido a grande escala em que as mesmas são confeccionadas e a pequena escala das imagens orbitais e também pela resolução destas imagens, que podem ser atualmente, de 5 metros nas melhor das hipóteses, ou seja, para a fotografia orbital SOJUSKARTA.

Portanto, a grande importância das imagens orbitais, no momento, consiste no fato de que estas imagens permitem que se avalie gradativamente a expansão urbana de uma cidade, a nível de malha urbana, com custo reduzido, quando comparado com as coberturas fotogramétricas convencionais, fato este que praticamente elimina a possibilidade de

se fazer atualizações cadastrais em curto período de tempo através de Fotogrametria Convencional, pois este elevado custo chega a inviabilizar o projeto.

Segundo NOVO (30), a repetitividade de imageamento pelos satélites aliada ao baixo custo das imagens, torna-se a principal vantagem no uso destas imagens.

Outro fato relevante que deve ser lembrado, é o tamanho da área que é abrangida pela imagem, que comumente abrange mais de um município, onde percebe-se a grande utilidade em planejamentos regionais.

As imagens orbitais multiespectrais, possuem várias bandas de imageamento, ou seja, estes sensores obtêm imagens de uma mesma área, num mesmo instante, com comprimentos de onda diferentes, o que proporciona ferramentas para a execução de mapeamentos temáticos em pequenas escalas, de grandes áreas, com resultados satisfatórios e baixo custo, quando comparado com a Fotogrametria Convencional.

Segundo ARAÚJO & D'ALGE (05), as imagens de satélite apresentam distorções geométricas em função das características dos sensores e das variações de altitude e velocidade das plataformas, problemas estes que estão sendo depurados através dos modelos de similaridade e os seus devidos ajustamentos. As imagens do LANDSAT 5 (TM) já apresentaram baixos índices de distorções geométricas quando comparadas aos mapas de escalas similares, fato que dá ao usuário maior confiabilidade de utilização em seus trabalhos.

Segundo HORLER & AHERN (19), o Mapeador Temático LANDSAT 4 e 5 produz mais informações por cena que o MSS.

De acordo com MALILA (28), esta superioridade do TM sobre o MSS pode ser percebida através das comparações das bandas espectrais indi-

viduais, variações de bandas e a resposta espectral dos objetos.

Portanto, pode-se perceber que, com a evolução tecnológica em termos de imagens de satélite, está melhorando cada vez mais o nível de detalhamento dos mapas a partir destas imagens, além da grande otimização dos trabalhos de interpretação, proporcionado pela análise digital integrada com a análise visual.

A evolução do Sensoriamento Remoto tem sido no mínimo surpreendente nos últimos anos, e por isso, encontra-se autores afirmando que, já nos próximos anos, ainda no século XX, poderemos contar com um nível de detalhamento ainda maior nas imagens, permitindo estudos ou trabalhos com mais detalhes no meio urbano.

Este nível de detalhamento só poderá ter êxito se houver um avanço significativo nas pesquisas com o objetivo de aumentar várias vezes a resolução das imagens e consequentemente permitindo mapeamentos em grandes escalas.

4.2.3 Utilização de Fotografias Aéreas Convencionais no Cadastro Técnico Urbano

Segundo LOCH (22), as fotografias aéreas convencionais, são recomendadas, para a execução do mapeamento básico detalhado, quando da implantação de um sistema de Cadastro Técnico Multifinalitário.

Sem dúvidas, o meio mais conhecido para a execução de mapeamentos é a Fotogrametria, que utiliza para tanto fotografias aéreas convencionais proporcionando uma visão panorâmica de uma limitada porção da superfície terrestre, e podem ser tomadas em grandes escalas, forne-

cendo um nível de detalhamento e precisão locacional muito alto comparadas às imagens orbitais, permitindo assim mapeamentos detalhados nos mais variados temas, de qualquer área que se deseja mapear, inclusive grandes centros urbanos.

Estas fotografias são obtidas a partir de câmaras fotogramétricas instaladas em aeronaves que voam a baixa altitude (centenas de metros) quando comparadas às altitudes dos satélites que chegam a centenas de quilômetros de altitude, além de serem obtidas na faixa do espectro visível e suas proximidades, conforme os interesses do projeto.

As aeronaves utilizadas nestas operações possuem uma série de acessórios para melhorar a precisão geométrica destas fotos, sendo que os erros são praticamente inevitáveis levando em consideração a instabilidade da própria aeronave e as condições atmosféricas.

4.2.3.1 Uso da Fotointerpretação no Cadastro Técnico Urbano.

Segundo WOLF (38), Fotointerpretação é definida pela Sociedade Americana de Fotogrametria como o ato de examinar e identificar objetos (ou situações) em fotografias aéreas (ou outros sensores) e determinar o seu significado.

De acordo com LOCH (22), para uma boa interpretação de imagens aéreas, o intérprete deve ter bastante familiaridade com as fotos e paralelamente, ter um conhecimento profundo das áreas técnicas específicas, pois na execução do cadastro técnico o intérprete deve ter em mente os diferentes temas que devem ser mapeados para formar o conjunto de mapas que compõem a solução do cadastro.

A qualidade da imagem e a acuidade visual do intérprete (que é a capacidade que o indivíduo tem em separar os detalhes nos objetos visíveis) somados à experiência do intérprete, tornam-se os fatores mais importantes que influem nos resultados da interpretação.

Além das considerações anteriores, vale ressaltar que o fotointérprete deve ter noção dos elementos que afetam as condições normais das fotos, alterando consideravelmente as características de tonalidade dos objetos.

Segundo LOCH (21), os principais elementos que afetam as qualidades das fotografias são:

- a) condições atmosféricas - nuvens, bruma, etc
- b) região fotografada - existem regiões com relevo muito acidentado que provoca distorções ascentuadas. Existem regiões com neblina constante, gerada por represas, impedindo que se obtenha fotos aceitáveis, etc
- c) horário da tomada das fotos - dependendo do horário, a incidência dos raios solares pode provocar sombras exageradas omitindo informações imprescindíveis ao mapeamento.

4.2.3.2 Uso da Fotogrametria como base para o mapeamento urbano

Segundo BLACHUT et al (07), a complexidade das áreas urbanas e o alto valor da propriedade, requer uma alta qualidade das fotos em termos de geometria e qualidade de imagem.

De acordo com o mesmo autor, a regra fundamental é que "somente o que é visível na fotografia pode ser medido", e isto é válido para qualquer cidade ou área urbana que contenha muitos detalhes minucio-

sos, principalmente construções, cuja posição deve ser precisamente determinada e registrada.

Pelas afirmações anteriores, percebe-se o nível de detalhamento que deve-se chegar para a efetivação do Cadastro Técnico Urbano.

A Fotogrametria pode gerar os mapas nos mais variados temas que compõem o cadastro, assim como a própria base cartográfica de implantação do cadastro, que pode servir como suporte para todas as atualizações futuras.

Esta base cartográfica caracteriza-se pela alta precisão geométrica em que são apresentados os resultados do mapeamento.

4.2.3.3 Precisão do Cadastro Técnico Urbano

A condição de precisão, deve ser satisfeita rigidamente, visto que estas determinações e locações de propriedades serão utilizadas na fase de regularização fundiária.

Segundo BLACHUT et al (07), a possibilidade do uso da Fotogrametria convencional no estabelecimento de um sistema cadastral urbano, depende do tipo de cadastro a ser estabelecido, a precisão requerida, das características físicas da cidade (dificuldade de levantamentos terrestres e, visibilidade através das fotos aéreas, dos detalhes planimétricos), e dos recursos disponíveis, incluindo qualificação profissional.

A Fotogrametria é importante para a densificação do controle terrestre e geração dos mapas-base do cadastro, e neste caso mostra-se altamente suficiente em termos de precisão e redução de custos, uma

vez que reduz significativamente os trabalhos de campo.

Segundo BRASIL (11), a Aerotriangulação é a técnica fotogramétrica utilizada para a determinação das coordenadas de terreno dos pontos escolhidos sobre um conjunto de fotografias aéreas superpostas, as quais mostram estes pontos e outros determinados por métodos de campo, cujas posições no conjunto obedecem a critérios de espaçamento previamente estabelecidos.

A nível de detalhamento, a Fotogrametria pode e deve ser auxiliada por trabalhos de campo, principalmente pela dificuldade de visibilidade de todos os detalhes terrestres a serem mapeados. Para este tipo de trabalho, podem ser adotados métodos de amostragem onde são coletadas as mais variadas informações, segundo os mapas temáticos utilizados no projeto.

Para BLACHUT et al (07), a alta precisão requerida nestes mapeamentos detalhados, em grandes escalas, podem ser praticamente obtida com dois procedimentos: grandes escalas de vôo e processamento computacional dos dados (restituição numérica).

Segundo os mesmos autores, experimentos tem mostrado que vôos com escalas em 1:4000 e 1:6000 permitem uma uniformidade na precisão das coordenadas da ordem de poucos centímetros (± 3 a ± 4 cm) principalmente nos casos, quando se usa vôos pré-sinalizados. Portanto, aproximando-se da precisão alcançada por levantamentos de campo, que em vários casos têm mostrado uma variação de (± 3 a ± 5 cm) para terrenos com desníveis significantes proporcionando dificuldades de medição.

Para LOCH (21), considerando o valor do metro quadrado (m^2) de terra em áreas urbanas comparadas às áreas rurais, percebe-se facilmente como o nível de precisão no cadastro urbano tem importância, uma

vez que a perda de alguns centímetros nas dimensões da propriedade urbana tem alto significado econômico. Além das medições precisas dos limites das propriedades urbanas, as avaliações das dimensões das edificações existentes sobre o imóvel, também devem atender estas exigências quanto a locação e precisão segundo o projeto aprovado na prefeitura.

As coordenadas dos pontos determinados fotogrametricamente devem obedecer as condições de precisão pré-estabelecidas pela legislação de Cartografia e Aerolevantamento.

Quando da utilização de câmaras de pequeno formato para fins cartográficos, são de grande interesse os aspectos geométricos tornando-se inviável o processamento analógico pelo fato de se estar trabalhando com grandes distorções. Procura-se então, minimizar as distorções que não podem ser corrigidas no processamento analógico, aumentando significativamente a precisão e atendendo ao padrão de exatidão cartográfica (PEC).

Toda informação geométrica contida em um documento cartográfico deve possuir um determinado nível de confiabilidade, traduzida em termos de uma exatidão numérica esperada.

Essas especificações são estabelecidas pela Comissão de Cartografia (COCAR). De acordo com a legislação de Cartografia e Aerolevantamento, BRASIL (10), no seu capítulo II, que trata da classificação de uma carta quanto à sua exatidão:

Seção I

Classificação de uma Carta Quanto à Exatidão

Art. 8 - As cartas quanto à sua exatidão devem obedecer ao Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC, segundo o critério abaixo indicado:

1 - Noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico - estabelecido.

2 - Noventa por cento dos pontos isolados de altitude, obtidos por interpolação de curvas-de-nível, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico - estabelecido.

§ 1º - Padrão de Exatidão Cartográfica é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos.

§ 2º - A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro-Padrão - $PEC = 1,6449 EP$.

§ 3º - O Erro-Padrão isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica.

§ 4º - Para efeito das presentes instruções, consideram-se equivalentes as expressões Erro-Padrão, Desvio-Padrão e Erro-Médio-Quadrático.

Seção II

Classes de Cartas

Art. 9 - As cartas, segundo sua exatidão, são classificadas nas classes A, B, e C, segundo os critérios seguintes:

a - Classe A

1 - Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 0,5mm na escala da carta, sendo de 0,3mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

2 - Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico: metade da equidistância entre as curvas-de-nível, sendo um terço desta equidistância o Erro-Padrão correspondente.

b - Classe B

1 - Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 0,8mm na escala da carta, sendo 0,5mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

2 - Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico: Três quintos da equidistância entre as curvas-de-nível, sendo de dois quintos o Erro-Padrão correspondente.

c - Classe C

1 - Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 1,0mm na escala da carta, sendo de 0,6mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

2 - Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico: três quartos da equidistância o Erro-Padrão correspondente.

Art. 10 - É obrigatória a indicação da Classe no rodapé da folha, ficando o produtor responsável pela fidelidade da classificação.

Parágrafo único - Os documentos cartográficos, não enquadrados nas classes especificadas no artigo anterior, devem conter no rodapé da folha a indicação obrigatória do Erro-Padrão verificado no processo de elaboração.

Art. 11 - Nenhuma folha de carta será produzida a partir de qualquer documento cartográfico.

§ 1º - Excepcionalmente, quando isso se tornar absolutamente necessário, tal fato deverá constar explicitamente em cláusula contratual no termo de compromisso.

§ 2º - Uma carta nas condições deste artigo será sempre classificada com exatidão inferior à da original, devendo constar obrigatoriamente no rodapé a indicação: "Carta ampliada a partir de (... documento cartográfico) em escala (... tal)".

§ 3º - Não terá validade legal para fins de regularização fundiária ou de propriedade imóvel, a carta de que trata o "caput" do presente artigo.

Considerando-se, por exemplo, a escala 1:2000, o PEC para cartas Classe-A seria $0,5\text{mm} \times 2000 = 1,00\text{m}$, o que mostra uma grande preocupação quanto às determinações fotogramétricas intra-quadras ou intra-lotes, pois este limite de tolerância pode ser muito grande quando se tratar de áreas urbanas.

4.2.3.4 Vôo fotogramétrico

A etapa de planejamento de um vôo fotogramétrico é, quase que totalmente, responsável pelo sucesso do mesmo, portanto é necessário salientar a importância desta etapa, pois este deve atender os objetivos do mapeamento, uma vez que se torna uma etapa do mapeamento com custo bastante elevado, principalmente quando é executado sem que atinja as necessidades da cidade ou município.

Segundo LOCH & LAPOLLI (25), a cobertura fotogramétrica de uma área ou região tem um custo variável com a escala das fotos, extensão da área a ser fotografada, precisão requerida no trabalho, além de outros elementos particulares a cada projeto.

Segundo os mesmos autores, para o recobrimento fotogramétrico deve-se ter em mente:

a) Local em que será executado o vôo:

- localização geográfica
- tipo de relevo
- região rural
- região urbana
- condições atmosféricas locais.

b) Especificações da operação:

- escala das fotos
- altitude de vôo
- superposição longitudinal e lateral
- situação da rede de pontos de controle
- direção das linhas de vôo.

c) Equipamento disponível e material de consumo necessário:

- tipo de aeronave
- câmara fotogramétrica
- tipo de filme
- instrumento restituidor a ser utilizado.

Segundo BLACHUT et al (07), devido à acuracidade exigida e a perda de visibilidade causada pela arborização, edifícios e outras estruturas, em áreas urbanas, os vôos fotogramétricos devem ser planejados com muito cuidado, mas em caso de medidas impossibilitadas pelas fotos, deve-se utilizar de levantamentos topográficos.

A escala das fotos, que depende da finalidade do projeto, deve ser estabelecida com antecedência. Para áreas urbanas, são consideradas médias escalas, todavia utilizadas, em 1:15000 e 1:10000, o que é suficiente para a execução dos mapas-base que compõem a solução do cadastro.

Considerando que os restituidores, em sua maioria, tem uma capacidade de ampliação destas fotos de até 5 vezes, teríamos mapeamentos até a escala 1:3000 utilizando-se fotos em 1:15000, e 1:2000 com fotos 1:10000.

Vale ressaltar, portanto, que não é recomendável a utilização do máximo da capacidade de ampliação dos instrumentos restituidores, deixando uma margem de segurança, levando em consideração que as fotos possuem escala aproximada, e que a legislação permite uma oscilação na escala do vôo em até 20% da escala contratada, considerando o relevo.

Com as considerações anteriores e sabendo-se da necessidade de executar as plantas de quadra com um nível de detalhamento maior, ou

seja, em escalas 1:2000, ou ainda, 1:1000, chega-se à conclusão que as escalas ideais para vôos de áreas urbanas seriam de 1:8000 ou maiores, e se possível com restituição numérica (no caso de se obter plantas em escala 1:1000).

4.2.3.5 Superposição e Controle Terrestre

Num caso normal de mapeamento, isto é, não sendo exigido um nível de precisão e detalhamento tão alto, como nos mapeamentos visando a implantação do Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano, a superposição comumente utilizada em vôos da grande maioria das empresas de aerolevantamento é de 60% longitudinal e 30% lateral.

Segundo ANDRADE (04), nos casos onde não existe controle geodésico no centro do bloco, 20% ou 30% de recobrimento lateral não permitem boa precisão nas determinações de altitude, devido à fraca geometria estabelecida.

De acordo com GHOSH et al² apud ANDRADE (04), com 60% de recobrimento lateral pode-se obter melhora significativa na determinação de altitudes, quando o controle geodésico no centro do bloco é inexistente.

Devido ao grande número de informações que devem constar nos mapeamentos em escalas 1:2000 e 1:1000, e também devido a altura dos edifícios, que podem omitir detalhes importantes ao cadastro, aumentando os trabalhos de campo, BLACHUT et al (07) concluíram em suas pesquisas que o ideal para este tipo de mapeamento seria o estabeleci-

² GHOSH, S. K. et al Analytical Block Triangulation with Fictitious Data. Ohio: The Ohio State University, 1968. (Report Nº 103, Department of Geodetic Science)

mento da superposição longitudinal de 80% e lateral de 60%. Este procedimento não só minimiza o problema das altas estruturas urbanas mas também auxilia a aerotriangulação, diminuindo o número de pontos de apoio.

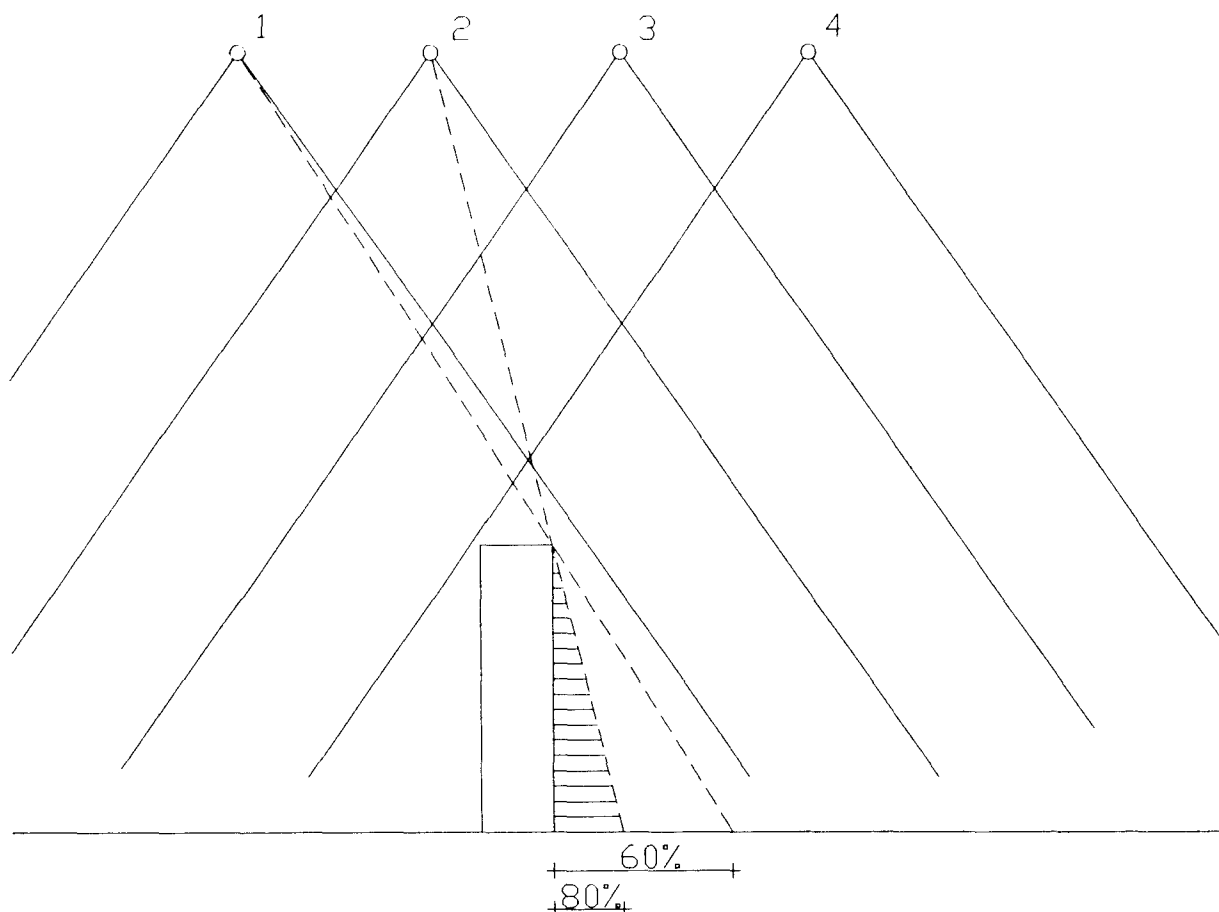


FIGURA 01 - Uso de superposição longitudinal de 80%

FONTE- BLACHUT et al (07).

Para BLACHUT et al (07), a boa definição dos pontos a serem determinados fotogrametricamente é a condição básica para se conseguir uma alta e uniforme acuracidade nos trabalhos fotogramétricos.

Os pontos de apoio a serem determinados em uma área urbana, a primeira vista não diferem de uma rede de apoio em uma área rural, mas

todavia exigem cuidados especiais quanto a sua localização no contexto da área a ser recoberta fotogrametricamente.

Os pontos de apoio devem satisfazer os requisitos básicos, em termos de localização, visando a etapa de aerotriangulação, que utiliza estes pontos para determinar o posicionamento dos demais pontos de interesse (desconhecidos, mas que aparecem nas fotos), que permitirão o enlace e ajustamento de todas as fotos e faixas formando um só bloco de fotografias que dará origem ao mapeamento com grande rigidez geométrica.

Portanto, esta é uma etapa muito importante, pois dados de entrada com defeito proporcionam resultados com defeito.

Um grande problema nas áreas urbanas, é a conservação dos marcos implantados.

Alguns autores recomendam o uso de acidentes naturais como apoio, o que nas áreas urbanas é muito difícil, outros autores recomendam construções como cantos de quadra ou casa, mas estas construções podem sofrer alterações.

BLACHUT et al (07), recomenda o uso de marcos de concreto pré-sinalizados, com identificações, colocados em locais estratégicos que tenham boas condições de segurança.

4.2.4 Utilização de fotografias aéreas tomadas a partir de câmaras de pequeno formato no Cadastro Técnico Urbano

A Fotogrametria Convencional tem sido utilizada na grande maioria dos trabalhos de mapeamento no país. As câmaras utilizadas nestes

trabalhos são de alta precisão e estabilidade geométrica, dotadas de sofisticados recursos eletrônicos aliados ao rigor geométrico na construção do sistema de lentes, para garantir a mais alta qualidade de imagem. Estas câmaras possuem ainda marcas fiduciais, a distância focal não se altera e possuem distorções menores que $10\mu\text{m}$, além de contar com negativo de $23,0\text{cm} \times 23,0\text{cm}$ que abrange uma área bastante grande, dependendo da escala do voo.

As câmaras de pequeno formato não são câmaras específicas para aerolevanteamento, portanto não possuem marcas fiduciais. O tamanho do negativo é de $5,6\text{cm} \times 5,6\text{cm}$, na maioria das marcas encontradas, e a distância focal é variável, geralmente de 35mm à 80mm , daí a denominação de "Pequeno Formato"

Segundo AMORIM (02), além do mapeamento convencional, outras tarefas têm sido executadas empregando-se tais câmaras, como por exemplo, a fotointerpretação aplicada à diversas ciências (Geologia, Geomorfologia, Planejamento Urbano, etc.).

Segundo SILVA (35), o aerolevanteamento convencional exige recursos humanos e instrumentais especializados, portanto é grande a demanda de recursos financeiros. Entretanto, algumas aplicações podem ser necessárias em áreas desprovidas destes recursos.

Em tarefas de fotointerpretação, uma grande parte do complexo instrumental utilizado pela Fotogrametria Convencional é dispensável, uma vez que interessam apenas aspectos semânticos da imagem. Neste caso, pode-se utilizar câmaras de pequeno formato com processamento analógico dos dados.

Segundo ABDEL-AZIZ & KARARA (01), quando se usa câmaras de pequeno formato para fins de mapeamentos cartográficos, são de grande interesse os aspectos geométricos, tornando-se inviável o processamento analógico destes dados, devido ao fato de se estar trabalhando com distorções de grande magnitude.

O processamento analítico proporciona melhores condições para a minimização das distorções que não podem ser corrigidas no processamento analógico, aumentando significativamente a precisão e atendendo ao Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC).

Toda informação geométrica contida em um documento cartográfico deve possuir um determinado nível de confiabilidade, traduzida em termos de uma exatidão numérica esperada.

Essas especificações foram estabelecidas pela Comissão de Cartografia (COCAR), de acordo com a Legislação de Cartografia e Aerolevantamento, BRASIL (10), no seu capítulo II, que trata da classificação de uma carta quanto à sua exatidão, e estabelecem as classes A, B, e C conforme os limites de tolerância dos erros encontrados nos pontos fotogrametricamente determinados.

Segundo LUGNANI (27), as transformações geométricas são instrumentos fundamentais de trabalho para o Fotogrametrista e o Geodesta. Os tratamentos matemáticos e computacionais, cada vez mais, substituem as atividades analógicas e gráficas convencionais.

A escolha do método tem implicações fundamentais em aspectos de precisão, em problemas de mal condicionamento de sistemas, na eficiência numérica e na acuracidade dos resultados.

Com o objetivo de encontrar métodos analíticos de processamento dos dados que compensem a baixa precisão geométrica das câmaras de pe-

queno formato, principalmente do sistema de lentes dessas câmaras, tornando-as úteis para trabalhos cartográficos, com evidente redução de custos, possibilitando o atendimento das necessidades de algumas áreas, até então marginalizadas devido ao alto custo dos trabalhos fotogramétricos convencionais, KARARA (20) desenvolveu, então, um modelo matemático denominado de DLT (Direct Linear Transformation).

Segundo KARARA (20), a DLT é uma solução analítica que relaciona diretamente as coordenadas de comparador às coordenadas do espaço-objeto, não necessitando portanto de marcas fiduciais registradas nas fotografias. Este é um procedimento bastante simplificado em termos de recursos instrumentais, financeiros e humanos.

Como a DLT faz uma auto-calibração da câmara, é recomendável seu uso, quando um dos objetivos é a determinação da altimetria e em terrenos que possuem relevos acentuados, ou seja, a diferença de nível encontrada no terreno seja próxima de 20% da altura de vôo, pois segundo OLIVAS (31), pode-se obter melhores resultados na calibração de câmaras.

Para terrenos aproximadamente planos, a transformação plana projetiva assemelha-se à transformação que uma fotografia aplica no objeto fotografado.

Esta transformação é indicada para o processamento analítico dos dados fotogrametricamente coletados sobre terrenos considerados aproximadamente planos, ou seja, pouco acidentados.

Com as considerações anteriores, pode-se perceber que necessita-se de mais pesquisas sobre a utilização destas câmaras em mapeamentos para fins cartográficos, ou seja, sobre sua precisão geométrica.

A importância da utilização deste procedimento reside no fato de que necessita-se de procedimentos de custos reduzidos, com o atendimento do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), para implantação e manutenção do Cadastro Técnico Multifinalitário.

Devido ao baixo custo de um voo deste tipo, a atualização cadastral pode ser executada em curtos períodos de tempo.

Segundo DISPERATI (14), as fotografias aéreas, além de fornecerem uma visão sinóptica da área a analisar, auxiliam na tarefa do seu mapeamento diminuindo consideravelmente o custo e tempo de elaboração do mapa desejado, minimizando exaustivos trabalhos de campo.

Apesar disso, de uma maneira geral, o profissional brasileiro, envolvido com a avaliação dos recursos naturais, desconhece o potencial de uso das fotografias aéreas de pequeno formato, que desde a década de 60 tem sido frequentemente utilizadas nos Estados Unidos, Canadá, Austrália e em alguns países europeus.

Um fato revelante da utilização destas fotografias, é a existência de sistemas computacionais, conjuntos de hardware e software, próprios para a utilização destas fotografias para mapeamento.

Existem hoje, desde simples estereocomparadores, próprios para ler coordenadas utilizando fotografias aéreas de pequeno formato, como mostrado pela FIG. 02, até sistemas completos que, segundo HOFFMANN (18), permitem a coleta de dados, processamento, gerenciamento e confecção de mapeamento via plotter, desenvolvido especialmente para o uso destas fotos, como é o caso do sistema RolleiMetric - MR2, desenvolvido pela ROLLEI FOTOTECHNIC.

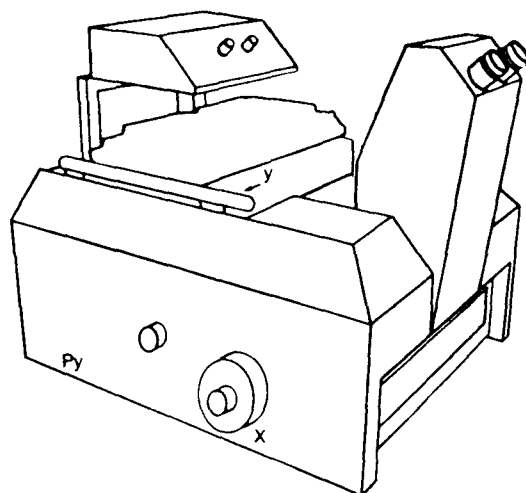


FIGURA 02 - Estereocomparador - SFS-3. (ROSS Instruments Ltd.)

FONTE- ROSS (33)

Portanto, nota-se que existem várias pesquisas com o objetivo de conseguir melhorar, cada vez mais, os resultados obtidos com as fotografias aéreas de pequeno formato para fins de cartografia, em termos de precisão métrica.

É válido ressaltar que as fotografias aéreas de pequeno formato não devem substituir integralmente as fotografias aéreas convencionais, pois acredita-se que as fotografias aéreas de pequeno formato podem ser consideradas aliadas às mais diversas formas de mapeamento, inclusive a Fotogrametria Convencional, com o objetivo de simplicidade e economia para atualizações de cartas, principalmente de pequenas áreas.

Tem-se conhecimento de vários trabalhos, a níveis nacionais e internacionais, que mostram a utilização destas fotografias na revisão e atualização de cartas temáticas e em estudos detalhados de pequenas áreas.

Portanto, pode-se citar vários autores que fizeram estudos de viabilidade técnica da aplicação destas fotografias em atualização de cartas topográficas, entre eles: ABDEL - AZIZ & KARARA (01), BOLT & ATKINSON (08), ROBERTS & GRISWOLD (32), THOMSON (37) e AMORIM (02).

4.2.4.1 Diferenças básicas entre Fotografias Aéreas de Pequeno Formato e Fotografias Aéreas Convencionais.

Segundo MIKHAIL (29), as diferenças básicas entre as FAPF e FAC, são:

a) Câmara Métrica:

- elaborada e calibrada especificamente para medidas fotogramétricas
- a orientação interna da câmara é conhecida e estável
- usualmente, o foco é fixo
- contém marcas fiduciais para permitir a recuperação dos elementos de orientação interna da câmara
- frequentemente contém placa de vácuo para manter a planura do filme
- disponibilidade comercial limitada.

b) Câmara de Pequeno Formato:

- geralmente câmara manual de alta qualidade
- geralmente não tem uma orientação interna constante
- usualmente não apresenta foco fixo ou construído rigidamente

- marcas fiduciais geralmente não instaladas, mas podendo ser inseridas (caso das câmaras com reseau, sendo consideradas parcialmente métricas)
- disponibilidade comercial muito grande com vários tamanhos de câmaras e uso de diferentes filmes e lentes
- os métodos desenvolvidos recentemente para a calibração dessas câmaras tem permitido o aumento do uso para fotogrametria de curta distância.

TABELA 01

Comparação entre as Fotografias Aéreas, Convencionais e de Pequeno Formato.

FONTE- DISPERATI (14)

CARACTERÍSTICAS	FOTOGRAFIAS AÉREAS		
	CONVENCIONAIS	DE PEQUENO FORMATO	
		35mm	70mm
tipo de câmara	métrica	não-métrica	não-métrica e métrica
Principal aplicação de mapeamento	topográfico e temático	temático	temático
Tamanho do negativo	23X23cm	24X36mm	56X56mm
Filme fotográfico	especial	comum	comum
Distância focal	88, 153 e 300mm	28 e 50mm	40, 50 e 80mm
Nº de exposições	até 500	12, 24 e 36	12 e 24
Peso da câmara	30.0 Kg	.80 Kg	1.00 Kg
Magazine Removível	sim	não	geralmente sim

4.3 Base Cartográfica

4.3.1 Considerações iniciais.

No estabelecimento de um sistema de Cadastro Técnico Multifinalitário, é recomendável que se faça um aerolevanteamento, que deverá gerar a base cartográfica na qual o sistema cadastral ficará firmemente apoiado.

O recobrimento fotogramétrico, por si só, pouco representa em termos de medida se não for executado o controle terrestre.

Este controle terrestre nada mais é que uma rede de pontos onde se conhece as coordenadas dos mesmos no espaço objeto (terreno), com a condição de que esses pontos possam ser perfeitamente identificados nas fotografias aéreas que compõem o recobrimento fotogramétrico.

Esses pontos podem ser considerados como os encaixes que prendem a cobertura fotogramétrica ao terreno, dando grande rigidez geométrica às determinações efetuadas.

Se os pontos de apoio forem determinados somente por processos de campo, representam até 60% dos custos do aerolevanteamento, além de ser um procedimento demorado e sujeito a inúmeras falhas.

Utiliza-se então, a aerotriangulação que, segundo LUGNANI (27), consiste na determinação das coordenadas no espaço objeto, de pontos de interesse e estimativa da qualidade desta determinação a partir das fotografias aéreas devidamente tomadas, reduzido controle de campo e valores aproximados dos parâmetros.

Pode-se então, notar a importância de uma rede de pontos de controle terrestre no que diz respeito a precisão, pois a partir destes é que serão determinados e posicionados todos os outros pontos de inte-

resse no mapeamento.

Segundo CARVALHO (12), ao projetar e desenvolver uma estrutura geométrica para um Sistema de Informações da Terra, uma das questões mais importantes que exigem resolução é o tipo de projeção a ser usada como base para a estrutura geométrica.

Não se pode representar a superfície curva da Terra num plano, como uma carta, sem distorções, a qual aumenta com o tamanho da área envolvida. Nestas condições necessita-se de uma projeção para transformar posições geodésicas na superfície da Terra em posições correspondentes expressas em coordenadas planas na carta. Seleccionada por propriedade, a projeção cartográfica se torna uma poderosa ferramenta matemática para se efetuarem cálculos rigorosos de levantamento, assim como proporcionar uma base para a representação gráfica da área cartografada.

4.3.2 Sistema Universal Transverso de Mercator (UTM)

4.3.2.1 Histórico

De acordo com GEMAEL (16), a iniciativa de escolher um Sistema Universal, numa tentativa louvável de unificação dos trabalhos cartográficos, partiu da Associação Geodésica e Geofísica Internacional (AGGI) que em 1935 sugeriu a adoção de um sistema único para o continente africano. Os estudos ficaram sob a responsabilidade de Tardi que propôs a projeção Conforme de Gauss aplicada a fusos com 6° de amplitude e módulo de redução de escala $K_0 = 1 - 1:1500 = 0,999333333...$ em seu belo trabalho "Étude D'un Systeme de Projection de Gauss",

Tardi apresenta tabelas que facilitam os cálculos sobre os elipsóides de Hayford, Bessel e Clark (1880) para divisão centesimal e sexagesimal da circunferência, de 36° S a 36° N.

Em 1951 a AGGI recomendou, num sentido mais amplo, para todo o globo terrestre, o sistema UTM adotado em 1955 em nosso país pela Diretoria do Serviço Geográfico e que corresponde ao de Tardi com novas especificações, inclusive um módulo de redução diferente.

4.3.2.2 Definição

Segundo GEMAEL (16), é um sistema de representação plana do elipsóide terrestre que adota a projeção Conforme de Gauss disciplinada por um conjunto de especificações.

4.3.2.3 Especificações do Sistema UTM

- a) Projeção Conforme de Gauss
- b) Fusos de 6° de amplitude, em número de 60, a partir do anti-Meridiano de Greenwich em coincidência com os fusos da Carta do Mundo ao Milionésimo
- c) Módulo de redução da escala:
$$K_0 = 1 - (1/2500) = 0,9996.$$
- d) Eixos cartesianos ortogonais: transformadas do meridiano central e do Equador
- e) Designação das coordenadas plano-retangulares pelas letras "N" e "E" (respectivamente ordenada e abscissa)

f) Para evitar valores negativos as ordenadas são acrescidas (hemisfério Sul) da constante 10 000 000 metros e as abscissas de 500 000 metros.

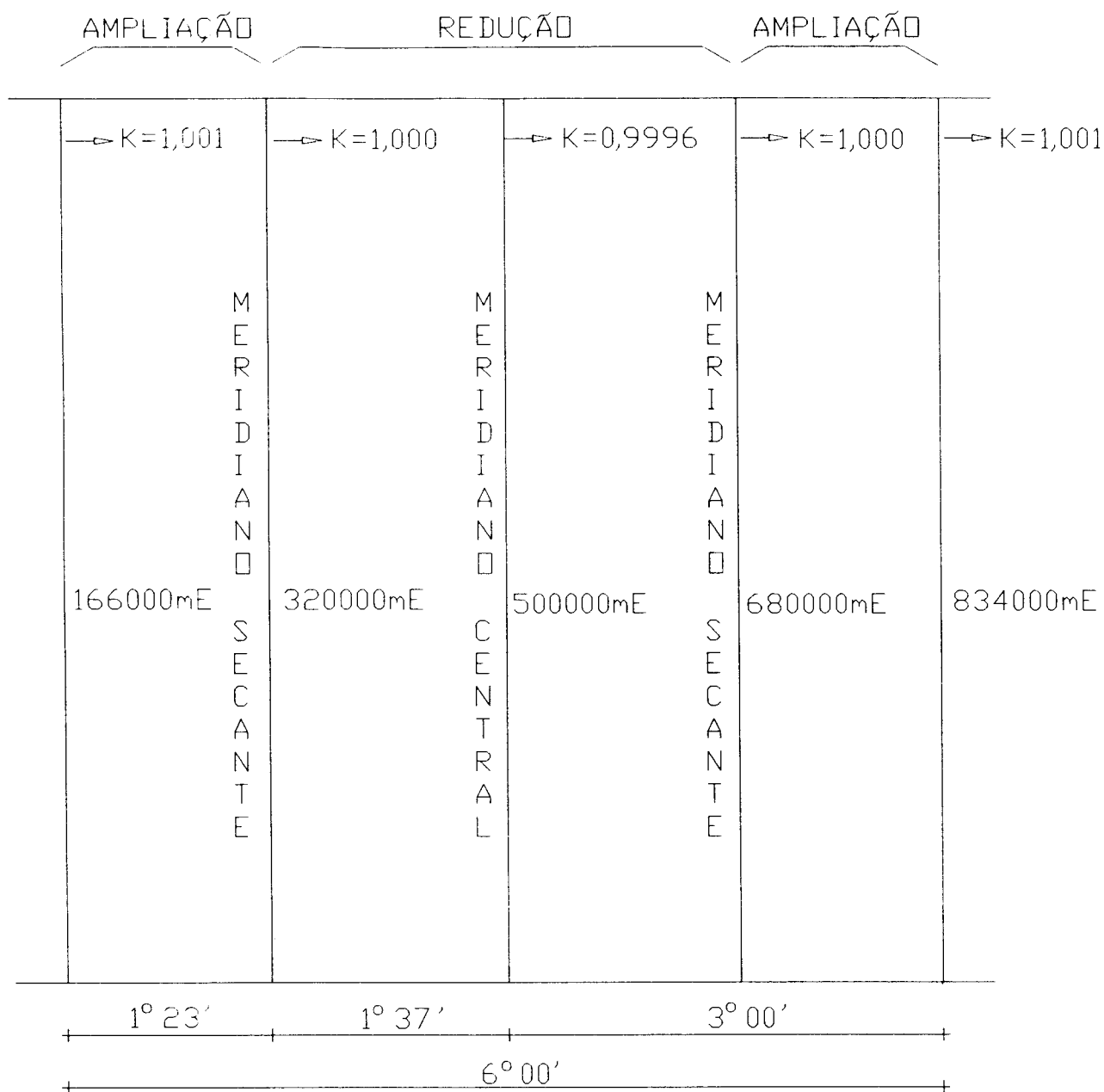


FIGURA 03 - Configuração do Sistema UTM

FONTE- GEMAEL (16)

4.3.3 Sistema Local Transverso de Mercator (LTM)

Fundamentando-se nas distorções produzidas pelo próprio sistema de projeção UTM, devido a amplitude dos fusos utilizados (6° de Longitude), CARVALHO (12) sugere o uso do sistema LTM (Local Transverso de Mercator) que utiliza-se de fusos de 1° de Longitude.

Este sistema (LTM) segue o mesmo princípio do UTM, ou seja, tal como o UTM é um cilindro transverso com duas curvas secantes à esfera terrestre.

Esta sugestão foi apresentada com base nas distorções apresentadas pelos dois sistemas, em que a LTM apresenta distorções muito inferiores a UTM, principalmente para as escalas grandes.

A aprovação das instruções reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Brasileira, pelo Decreto Lei 89.817/84, estabelecem os Padrões de Exatidão Cartográfica - PEC -, e as classes de cartas (A, B e C).

Segundo CARVALHO (12), as cartas em escalas superiores a 1:5000 "NUNCA" chegarão ao padrão classe "A", se forem projetadas em sistema UTM.

As cartas classificadas como Classe "A", segundo BRASIL (10), o Decreto Lei 89.817/84, estabelece que 90% dos pontos planimétricos testados no terreno deverão apresentar um erro inferior a 0,5mm na escala da carta, sendo o erro padrão de 0,3mm, e portanto de 0,2mm o erro considerado gráfico.

Toda carta projetada em sistema UTM possui um coeficiente de deformação, que deve ser especificado no rodapé da mesma. Este coeficiente denominado de " K_0 ", que vale ser ressaltado aos desavisados,

deve ser utilizado como fator de correção em todas as determinações procedentes, em qualquer carta projetada em UTM, antes de se obter qualquer resultado, e portanto antes de qualquer teste de precisão.

Nota-se que os testes de precisão para posterior classificação das cartas não considera o sistema de projeção, mas apenas o erro padrão (coordenadas em espaço objeto) e erro gráfico (plotagem da carta), portanto não existindo nenhuma restrição ao uso da projeção UTM para cartas em escalas 1:5000 e maiores.

4.3.3.1 Características do Sistema LTM

a) Fusos de 1° de amplitude, com meridianos centrais nas longitudes de meio (0,5) grau;

b) $K_0 = 0,999995$;

c) $N = N'$ (hemisfério Sul + 5 000 000)

$N = N'$ (hemisfério Norte)

d) $E = E' \pm 200\ 000$

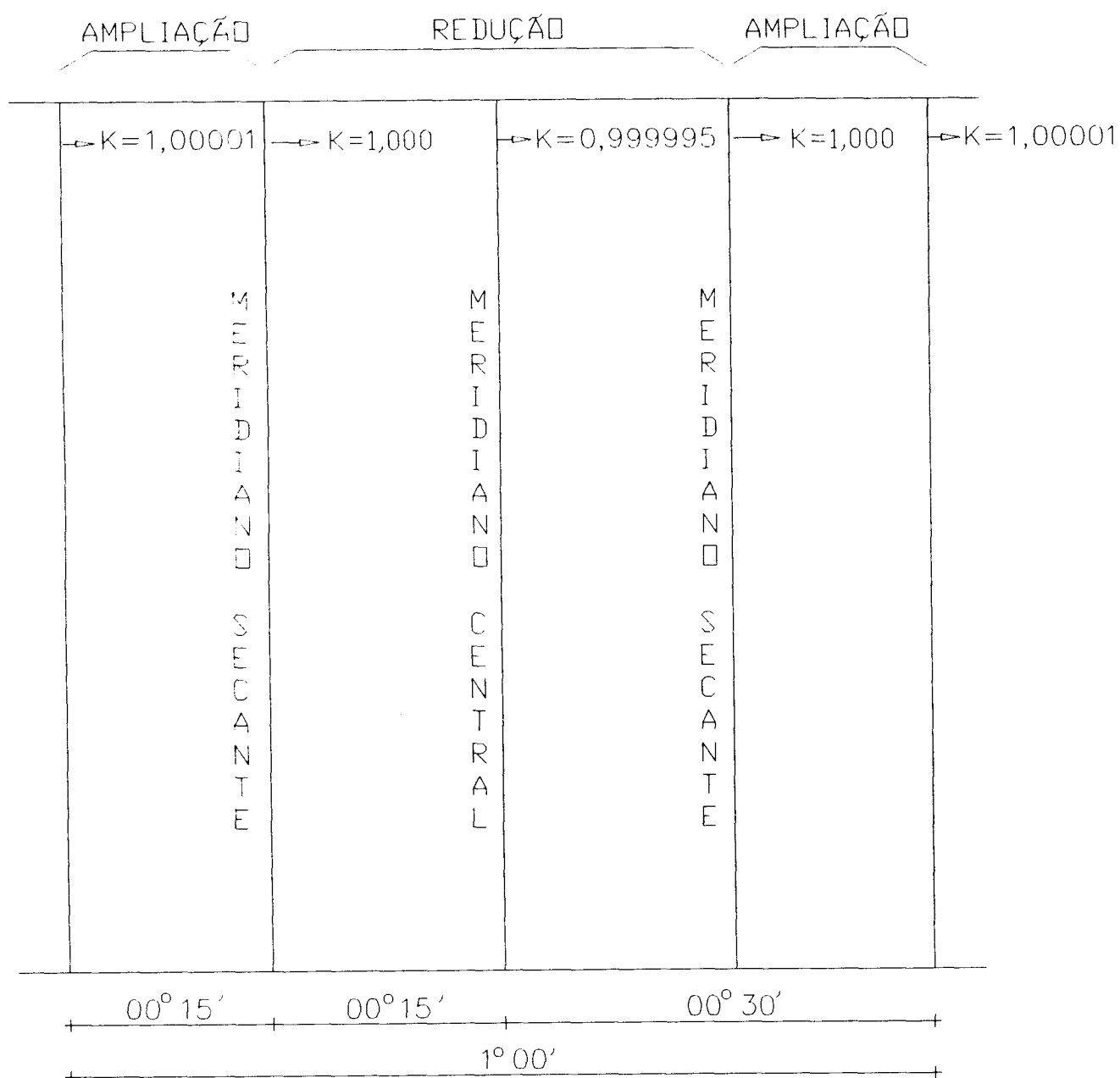


FIGURA 04 - Configuração do Sistema LTM

FONTE- CARVALHO (12)

4.3.4 Comparação entre UTM e LTM.

TABELA 02

Erros devido ao sistema de projeção UTM.

FONTE- CARVALHO (12)

Dist. (m)	$K_0 \times \text{Dist. (m)}$	erro absoluto	erro relativo
1	0,9996	0,4 mm	1/2500
10	9,996	4,0 mm	1/2500
100	99,96	40,0 mm	1/2500
1000	999,6	400.0 mm	1/2500

Verifica-se que o erro em 100m começa a ser significativo próximo a escala 1:500 e o erro de 1000m entre 1:2000 e 1:5000.

Não deve-se esquecer de aplicar o fator de correção, uma vez que estes erros não são erros padrões (de coordenadas em espaço objeto) ou mesmo gráficos, portanto não afetam a precisão dos pontos testados no terreno.

TABELA 03

Erros devido ao sistema de projeção LTM.

FONTE- CARVALHO (12).

Dist. (m)	$K_0 \times \text{Dist. (m)}$	erro absoluto	erro relativo
1	0,999995	0,005 mm	1/200000
10	9,99995	0,05 mm	1/200000
100	99,9995	0,5 mm	1/200000
1000	999,995	5,0 mm	1/200000

Verifica-se uma redução na distorção devido a diminuição do fuso de 6° para 1° , ou seja as zonas de ampliação e redução tornam-se bastante reduzidas.

A projeção UTM apresenta distorções (devido ao sistema de projeção cilíndrica) consideráveis em distâncias calculadas pelas coordenadas diretamente obtidas nas cartas, enquanto a LTM apresenta estas distorções próximas de zero.

A utilização do sistema UTM é recomendável aplicando-se o fator de correção, considerando K_0 constante para a carta em questão, porque quanto maior a escala, menor será a área contida na carta, portanto menor a variação do K_0 calculado para o centro da folha.

Este procedimento pode ser justificado facilmente pelo fato de termos mapeamentos, atualizados ou não, em várias escalas, mas sempre no sistema UTM (mapeamento sistemático do Brasil), portanto neste caso pode-se fazer comparações, por exemplo, de expansão ocupacional sempre em um mesmo sistema de coordenadas, o que seria de grande utilidade para o planejamento municipal, e ainda, pode-se citar a falta de consciência cartográfica que ronda o povo brasileiro e até mesmo os usuários da cartografia.

Um outro argumento muito forte é a confrontação de informações utilizando o mapeamento sistemático nacional, no caso de planejamento regional, pois o mapeamento sistemático nacional utiliza o sistema de projeção UTM.

5 ÁREA DE ESTUDO

5.1 Localização

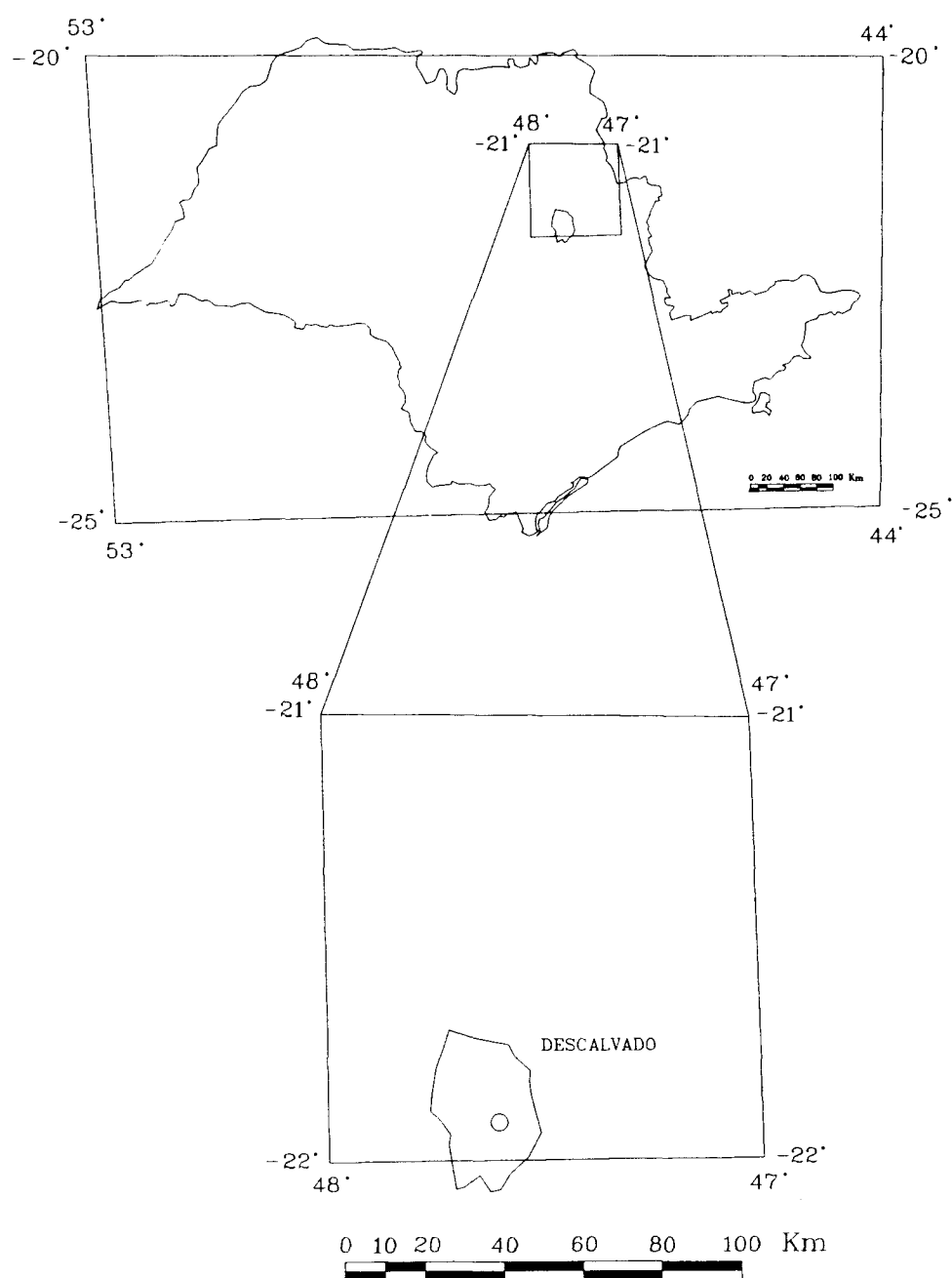


FIGURA 05 - Localização da Área de Estudo

5.2 Histórico

Segundo levantamento de informações históricas realizado junto a prefeitura municipal de Descalvado-SP, no início do século XIX, por volta de 1809, os irmãos Nicolau Antonio e Manoel Antonio Lobo deslocaram-se da província de Minas Gerais, de onde eram naturais, e assentaram suas tendas no sertão de Araraquara, no atual município de Descalvado. Tomaram posse de uma imensa região, que abrangia as terras que mais tarde iriam se constituir nas Fazendas "Gramma", "Nova" e "Areias", onde hoje se situa a cidade de Descalvado.

Com os recursos financeiros que trouxeram, puderam sustentar a posse e empregar o braço escravo, para o desbravamento das matas e o cultivo das terras.

Em 1820, atraídos pela fertilidade do solo e ótimo clima, outros desbravadores começaram a chegar, e entre eles José Ferreira da Silva e Tomé Manoel Ferreira, naturais de Santo Antonio do Machado, Província de Minas Gerais, que se estabeleceram em diversas zonas do município.

José Ferreira da Silva, cumprindo um voto religioso, mandou constituir em suas terras, uma pequena capela sob a invocação de Nossa Senhora de Belém, onde hoje se encontra a Igreja Matriz, inaugurada em 08 de setembro de 1832. Fez uma doação para a capela de meia légua de terras em quadra para seu patrimônio, e para ser distribuída, em "dadas", para aqueles que quisessem nela construir ou habitar, marcando assim a fundação de Descalvado.

Lentamente foram sendo construídas diversas habitações em torno da capela e adjacências. No decorrer do tempo, foram aumentando as mo-

radial formando-se, então, um povoado junto à capela.

Em 15 de abril de 1873, foi criada a comarca de Belém do Descalvado. Através da Lei de 1899 foi concedido foros de cidade, a então Vila de Belém de Descalvado.

Pela Lei nº 1157, de 26 de dezembro de 1908, a então Belém do Descalvado, passou a se chamar simplesmente DESCALVADO.

Um morro sem vegetação, "calvo", deu origem ao nome de DESCALVADO, dado por tropeiros que atravessavam o bruto sertão em suas andanças comerciais, por necessidades de assinalar um roteiro, pois Descalvado era o morro que estava sempre no caminho a orientar sua rota.

5.3 Atividades econômicas

a) Agricultura

Cana de açúcar, laranja, algodão, arroz, feijão, café, soja e hortaliças

b) Pecuária

Avicultura e bovinos (cria, corte e leite)

c) Indústria

Extrativa mineral (areia quartzosa, pedra bruta e pedra britada), usina de açúcar e álcool, fábricas de rações para aves e bovinos, fábrica de implementos agrícolas e avícolas, fábricas de artefatos de cimento e cerâmicos, fábricas de pregos e tecidos, torrefação e moagem de café, beneficiamento de arroz, fábricas de móveis

d) Comércio

Estabelecimentos bancários, financeiras, corretoras de seguros, 4 imobiliárias, 1 cooperativa de grande porte, diversas associações, etc.

5.4 Atrações turísticas

"SALTO DO PÂNTANO" - Belíssima queda d'água com 72 metros de altura do Ribeirão do Pântano, distante 9 Km da cidade.

Festa Comemorativa em Louvor a São Sebastião, em 20 de janeiro, Festa do Divino Espírito Santo (data móvel), Cavalaria Antoniana (dia de Santo Antonio - 13 de junho), e Festa de Nossa Senhora do Belém (Padroeira de Cidade) em 08 de setembro.

5.5 Aspectos físicos

a) Confrontação Municipal

O município de Descalvado - SP possui os seguintes limites :

- a oeste com São Carlos - SP
- ao norte com Santa Rita do Passa Quatro e Luiz Antonio
- a leste com Porto Ferreira
- ao sul com Analândia e Pirassununga.

b) Condições Climáticas

O clima é seco, com dias quentes e noites amenas e frescas.

c) Topografia

A superfície topográfica é caracterizada como montanhosa, pois o município é atravessado por duas cadeias de montanhas, Cuscuzeiro e Descalvado, donde lhe veio o nome, com altitude de 800 metros.

d) Hidrografia

O principal rio do município é o Mogi-Guaçu, que o banha numa extensão de 30 quilômetros, constituindo-se na sua divisa natural com os municípios de Porto Ferreira, Santa Rita do Passa Quatro e Luiz Antonio.

5.6 Dados sócio-econômicos

a) População em 1991

Urbana - 21000 habitantes;

Rural - 6000 habitantes.

b) 7 escolas de 1º e 2º graus

c) 1 hospital

d) 7000 imóveis

6 MATERIAL E METODOLOGIA

6.1 Material

6.1.1 Material cartográfico

a) Cartas do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo / IGC / 1990 / escala - 1 : 10 000

folhas: SF - 23 - V - C - IV - 4 SO - B

SF - 23 - V - C - IV - 4 SO - D

SF - 23 - V - C - IV - 4 SE - A

SF - 23 - V - C - IV - 4 SE - C

b) Fotografias aéreas convencionais

escala 1 : 10 000 / TERRAFOTO / 1989.

c) Fotografias aéreas obtidas com câmara de pequeno formato

escala 1 : 15 000 / agosto/92.

6.1.2 Equipamentos

a) GPS: (TRIMBLE/4000-SL, 10 canais, 1 portadora-L1) utilizado para o estabelecimento do apoio básico

b) Nível NI-007 (Zeiss Jena) utilizado para o nivelamento geométrico

c) Teodolito THEO - 010 (Zeiss Jena) utilizado para o estabelecimento do apoio suplementar e nivelamento trigonométrico

- d) Estereocomparador (Estecômetro - Zeiss Jena) utilizado para a leitura de coordenadas nas fotografias aéreas de pequeno formato
- e) Restituídor WILD - BB utilizado pela Empresa Aeroplan S/A, contratada para a etapa de restituição em escala 1:2000
- f) Mesa Digitalizadora, utilizada para digitalizar as minutas de restituição
- g) Microcomputador (PC AT - 386 DX), utilizado para o processamento analítico dos dados fotogramétricos
- h) Plotter (SMAR - A0), utilizado para a plotagem da planta do perímetro urbano em escala 1:5000
- i) Coordímetro (Zeiss Jena), utilizado para transmitir as coordenadas lidas no comparador para o microcomputador (EGO-PCXT)
- j) Microcomputador (EGO - PCXT), utilizado para a montagem do arquivo de coordenadas lidas no comparador
- k) Estereoscópio de Espelho, utilizado para a fotointerpretação das fotografias aéreas convencionais e avaliação do relevo nas fotografias aéreas de pequeno formato
- l) Câmera Fotográfica (Rolleiflex - 6006), para a obtenção das fotografias aéreas de pequeno formato
- m) Aeronave CESSNA/asa alta, utilizado para a viagem até Descalvado e execução do vôo-foto.

6.1.3 Software

- a) AFIM : executa a transformação afim

- b) PROJ : executa a transformação plana projetiva
- c) ARQ : transforma os arquivos provenientes da mesa digitalizadora em arquivos com extensão DXF
- d) AUTOCAD : software gráfico que permitiu o manejo de dados para a atualização.

6.2 Metodologia

6.2.1 Dados a priori

Foi estabelecido como área de estudo, o município de Descalvado SP, principalmente pelo interesse demonstrado, por parte do prefeito municipal e sua assessoria técnica, em montar um banco de dados com os objetivos, de fornecer subsídios para a elaboração do plano diretor e aumentar a arrecadação do município, tornando cada vez mais viáveis os projetos dessa natureza.

O município de Descalvado SP, contratou um voo fotogramétrico convencional junto a extinta TERRAFOTO Atividades de Aerolevantamento S/A, em dezembro de 1989, não dispondo de recursos financeiros para as fases de apoio de campo e restituição.

O objetivo desse voo foi gerar o mapeamento planialtimétrico da área urbana e de expansão urbana, assim como a geração das cartas temáticas que fornecem dados para a elaboração do plano diretor, e também a planta de referência cadastral.

6.2.2 Conscientização da prefeitura

O voo fotogramétrico convencional, na escala 1:10000, permitiu uma comparação entre as plantas de quadra e as fotografias aéreas de 1989.

Para comparar as plantas de quadra existentes com as quadras correspondentes na fotografia aérea, foi utilizado um estereoscópio de espelho, pois a ampliação da imagem e a visão estereoscópica facilitaram a interpretação das fotografias, uma vez que a diferença da escala das fotos para a escala das plantas de quadra é grande, pois as fotos possuem escala 1:10000 enquanto as plantas de quadra possuem escala 1:1000.

Essas plantas de quadra, onde configuram todas as edificações, foram elaboradas em 1979 e atualizadas até 1985, apenas por projetos ou croquis, que davam entrada no setor de cadastro da prefeitura, as quais não foram consideradas nesta análise por ter sido verificado um número insignificante de atualizações, comparado com o número de alterações verificado nas fotografias aéreas de 1989.

Com essa comparação, entre 1979 e 1989, registraram-se 2691 alterações, ou seja, construções clandestinas, em 7000 imóveis analisados.

Constatou-se portanto, que a maioria das alterações eram edículas ou aumento de construção nos fundos das edificações, obras estas que prejudicariam a ação dos fiscais se fosse adotada a fiscalização tradicional.

Contratar um voo fotogramétrico apenas para a fiscalização de obras, seria no mínimo utópico, pois o custo seria muito alto. Já um voo com câmara de pequeno formato acoplada à uma aeronave monomotor

atenderia perfeitamente as necessidades, com um custo muito reduzido.

A partir da apresentação dessa análise, a assessoria técnica da prefeitura decidiu investir neste projeto, auxiliando assim, a pesquisa científica em uma área importante e tendo como retorno, os benefícios gerados por um sistema de Cadastro Técnico Multifinalitário. Através desse sistema, muitos órgãos, tais como, Telecomunicações de São Paulo - TELESP, Companhia Paulista de Força e Luz - CPFL, Serviço de Água e Esgoto de Descalvado - SAE, a própria Prefeitura Municipal e a comunidade em geral, poderão ser beneficiados.

6.2.3 Convênio DESCALVADO/FUNDUNESP

Foi feito um convênio com a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista, campus de Presidente Prudente SP, através da Fundação para o Desenvolvimento da Unesp - FUNDUNESP, e a Prefeitura Municipal de Descalvado-SP, onde estabeleceu-se os seguintes produtos finais:

- a) Planta planimétrica na escala 1:5000 do perímetro urbano
- b) Planta planialtimétrica na escala 1:2000 do perímetro urbano e da área de expansão urbana

A área de expansão urbana foi estabelecida pela prefeitura, e a área total da planta plani-altimétrica foi de 40 Km².

6.2.3.1 Coleta e organização de dados

Esta primeira fase iniciou-se com a coleta de materiais cartográficos necessários a execução do projeto. A prefeitura forneceu as fotografias aéreas e o foto-índice do município, com escalas aproximadas

de 1:10000 e 1:40000, respectivamente.

Junto ao Instituto de Geografia e Cartografia (IGC) foram adquiridas as cartas plani-altimétricas na escala 1:10000 e junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) foram adquiridas as coordenadas e descrições dos vértices e RNs existentes na área de interesse.

6.2.3.2 Planejamento do controle terrestre

Foi feita a distribuição dos pontos de apoio nas fotos de modo a atender os requisitos básicos da aerotriangulação.

No estabelecimento da metodologia para a execução do apoio ficou definido que as coordenadas planimétricas seriam determinadas através de processo GPS (Global Positioning System), utilizando-se dos métodos estático e pseudo-estático e as coordenadas altimétricas seriam determinadas através do processo de nivelamento geométrico e trigonométrico, variando de acordo com a proximidade dos pontos de apoio e dos marcos de referência de nível da rede do IBGE.

6.2.3.3 Reconhecimento

Esta fase teve a finalidade de reconhecer em campo a existência de vértices geodésicos, de modo que a área em estudo esteja amarrada com a rede fundamental.

Através de itinerários e croquis coletados na primeira fase, foi possível localizar e identificar o vértice Janelinha, da rede geodésica do IBGE, com coordenadas $N = 7\,558\,264,138\text{m}$, $E = 212\,614,67\text{m}$ e $H = 973,52\text{m}$, e o vértice V.01 da rede geodésica da Companhia Paulista de

Força e Luz - CPFL executado pela Terrafoto S/A, com coordenadas N= 7 575 713,99m, E= 226 784,93m e H= 817,23m.

6.2.3.4 Pontos de apoio

O ponto E-009-D, situado na caixa d'água do Edifício Descalvado, foi o ponto base para a execução do nivelamento trigonométrico e o ponto E-020-D, situado no prédio da Prefeitura Municipal, foi o ponto base para a execução do rastreamento por GPS.

a) Monumentalização

Foram construídos marcos de concreto, em formato tronco piramoidal, tendo em seu topo uma placa de metal para a identificação do ponto.

Nos locais onde não foi possível a implantação de marcos de concreto, foram apenas chumbadas as placas de metal.

b) Nivelamento trigonométrico

Foi executado com quatro séries de leituras, nas posições CE/CD e visadas em alvo com centragem forçada. O ponto base foi E-009-D, situado na caixa d'água do Edifício Descalvado, de onde foram visados os pontos de interesse que ofereciam melhores condições de visada.

c) Nivelamento geométrico

As linhas foram niveladas e contra-niveladas, utilizando-se o nível topográfico NI-007 (Zeiss Jena), com visadas ré e vante, aproximadamente iguais e em torno de 50,00m, e a sua precisão, seção por seção e acumulado na linha de $50\text{mm} \sqrt{K}$, sendo K = distância em Km.

6.2.3.5 Execução do rastreamento por GPS

Segundo ANDRADE (03), mesmo que o posicionamento com o GPS (Global Positioning System) seja extremamente facilitado pelo fato de não exigir intervisibilidade entre os pontos, ser realizado a qualquer hora do dia ou da noite e não depender de condições atmosféricas, apresenta características próprias que requerem um bom planejamento dos trabalhos de campo, mesmo porque o sistema ainda não se encontra completo, portanto deve-se considerar aspectos como:

- disponibilidade dos satélites em quantidade suficiente
- geometria rígida
- obstruções acima de 15°
- pré-processamento no campo, para garantir a boa qualidade das observações
- acesso aos pontos que se deseja posicionar
- remessa de dados para um centro de processamento.

a) Método estático

A antena é montada sobre um tripé que pode ser precisamente centrada sobre o ponto a ser determinado. Mede-se a altura em que se encontra a antena em relação ao terreno.

Devem ser usados no mínimo dois conjuntos para determinar a posição relativa de um ponto com relação a um outro de coordenadas conhecidas. Uma antena é posicionada sobre um ponto de coordenadas conhecidas enquanto a segunda é posicionada sobre o ponto cujas coordenadas serão determinadas.

O tempo de rastreio é em torno de uma hora e os sinais emitidos serão recebidos simultaneamente por ambos os conjuntos. Este sistema

trabalha medindo a diferença de fase entre os sinais dos dois conjuntos.

Foram rastreados por este método, os pontos E-020-D (prefeitura), E-009-D (Edifício Descalvado) a partir do vértice JANELINHA, pertencente à rede geodésica do IBGE.

b) Método pseudo-cinemático

É ocupado um ponto de coordenadas conhecidas enquanto o outro é posicionado sobre o ponto a ser determinado; o tempo de rastreo é em torno de 15 minutos e é fundamental retornar ao mesmo ponto, no mínimo uma hora após o primeiro rastreo para um novo rastreo de aproximadamente 15 minutos, isto se faz necessário para possibilitar uma melhor determinação na geometria dos satélites.

O ponto utilizado como estação fixa foi o E-020-D, situado no prédio da prefeitura municipal, a partir deste foram determinadas as coordenadas planimétricas dos demais pontos de interesse, com exceção do ponto E-009-D, situado na caixa d'água do Edifício Descalvado.

Em atendimento a solicitação da Prefeitura Municipal, foram rastreados mais seis pontos, implantados aos pares, sendo um marco principal e outro como auxiliar (ré), foram distribuídos em três setores, de modo a atender a área de expansão urbana do município.

6.2.3.6 Aerotriangulação

A aerotriangulação analítica com ajustamento em bloco, por feixes de raios, foi executada a partir de programa computacional desenvolvido na própria UNESP, por professores pesquisadores da área de Fotogrametria.

6.2.3.7 Restituição

A restituição analógica foi feita utilizando-se o vôo feito pela Terrafoto S/A em 1989.

Esta é uma etapa que exige muita experiência prática do operador, portanto, resolveu-se pela contratação de uma empresa especializada, pois a produtividade fez-se importante na execução desta fase, uma vez que são 40 Km² para restituição em escala 1:2000.

6.2.4 Digitalização

Um dos produtos contratados através do convênio DESCALVADO/FUNDUNESP foi a planta planimétrica do perímetro urbano em escala 1:5000.

Tendo em vista que o município possui uma restituição em escala 1:2000, cuja precisão é maior que uma carta em escala 1:5000, optou-se, então, por fazer uma digitalização das minutas de restituição em escala 1:2000, tornando possível a plotagem em escala 1:5000, desejada pela prefeitura municipal, além de permitir a extração, com precisão, das coordenadas a serem usadas como apoio para atualização do mapeamento.

Portanto, foi feita a digitalização das minutas de restituição, o que proporcionou um bom resultado em termos de custo e qualidade, atendendo satisfatoriamente aos objetivos da prefeitura municipal de Descalvado.

Foram identificadas 9 (nove) minutas de restituição que continham o perímetro urbano.

Estas folhas foram fixadas na mesa digitalizadora acoplada a um codificador que transfere os dados, via interface, para um micro-computador EGO-PC, montando um arquivo de dados, contendo o código de feições a serem desenhadas pelo AUTOCAD e as coordenadas x e y no sistema da mesa digitalizadora.

As coordenadas x e y foram transformadas para o sistema Universal Transverso de Mercator (UTM), ou seja, no mesmo sistema do mapeamento gerado em escala 1:2000, que originou a digitalização.

Para a transformação das coordenadas x e y ao sistema UTM, foi utilizado o programa AFIM, elaborado por pesquisadores da área de Fotogrametria da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP, que utiliza para tanto a transformação Afim.

Modelo matemático:

$$\begin{vmatrix} x' \\ y' \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ a_3 & a_4 \end{vmatrix} * \begin{vmatrix} X \\ Y \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} x'_0 \\ y'_0 \end{vmatrix}$$

onde:

X e Y são as coordenadas calibradas (fixas)

x' e y' são as coordenadas lidas no comparador

a₁, a₂, a₃, a₄, x'₀ e y'₀ são os parâmetros de transformação

A partir das coordenadas do reticulado das minutas, consideradas fixas, o programa calcula os parâmetros de transformação para os mesmos, e aplica estes parâmetros aos outros pontos de interesse, trans-

formando finalmente suas coordenadas do sistema da mesa digitalizadora para o sistema dos pontos fixos (UTM), ou seja, do espaço objeto.

Após a digitalização das folhas, separadamente, e suas respectivas transformações de coordenadas, todos os arquivos passaram por uma nova transformação, desta vez pelo programa ARQ, também desenvolvido por pesquisadores da UNESP.

O programa "ARQ", transforma arquivos no formato código, x e y, em uma extensão qualquer, para o formato DXF, que possibilita sua importação pelo AUTOCAD, gerando o arquivo de desenho DWG, que pode ser visualizado no vídeo do micro-computador.

Desta maneira, foram importados todos os arquivos pelo AUTOCAD, num mesmo sistema de coordenadas (UTM), formando então, o arquivo da planta planimétrica do perímetro urbano, como mostra a fig. 06.

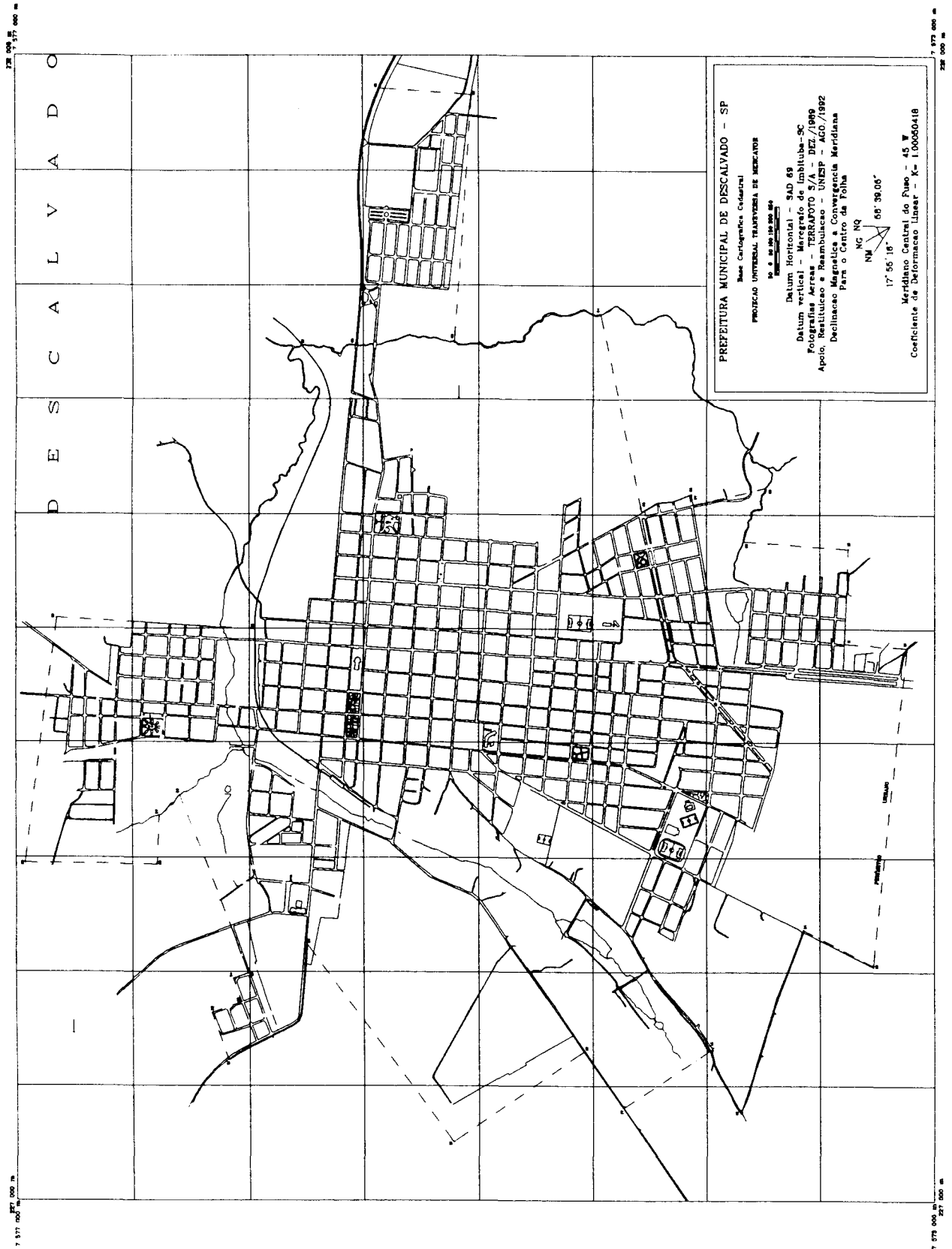


Figura 06 - Planta Digitalizada de DESCALVADO em Escala 1:25000 - 1989

A planta digitalizada, proporcionou vários benefícios, tais como a manipulação de dados para eventuais alterações; plotagem em escalas convenientes ao tipo de trabalho/projeto a ser executado; a obtenção de coordenadas UTM, precisas e sem esforços computacionais, para as atualizações; entre outros.

6.2.5 Obtenção das fotografias aéreas com a câmara de pequeno formato

A atualização das plantas geradas pela restituição analógica das fotografias aéreas convencionais, foi feita a partir de um novo voo, desta vez com uma câmara de pequeno formato acoplada a uma aeronave monomotor particular alugada em Presidente Prudente - SP.

6.2.5.1 Plano de voo

- a) câmara utilizada = ROLLEIFLEX 6006 com reseau e distância focal de 50mm, gentilmente cedida pela Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR
- b) altura de voo = 750,00m
- c) aeronave = CESSNA / ASA ALTA
- d) nº de faixas = 6
- e) nº de fotos = 66
- f) nº de filmes = 6
- g) intervalo entre exposições = 6 segundos
- h) velocidade do obturador = 1/250 segundos
- i) abertura do diafragma = F-8.

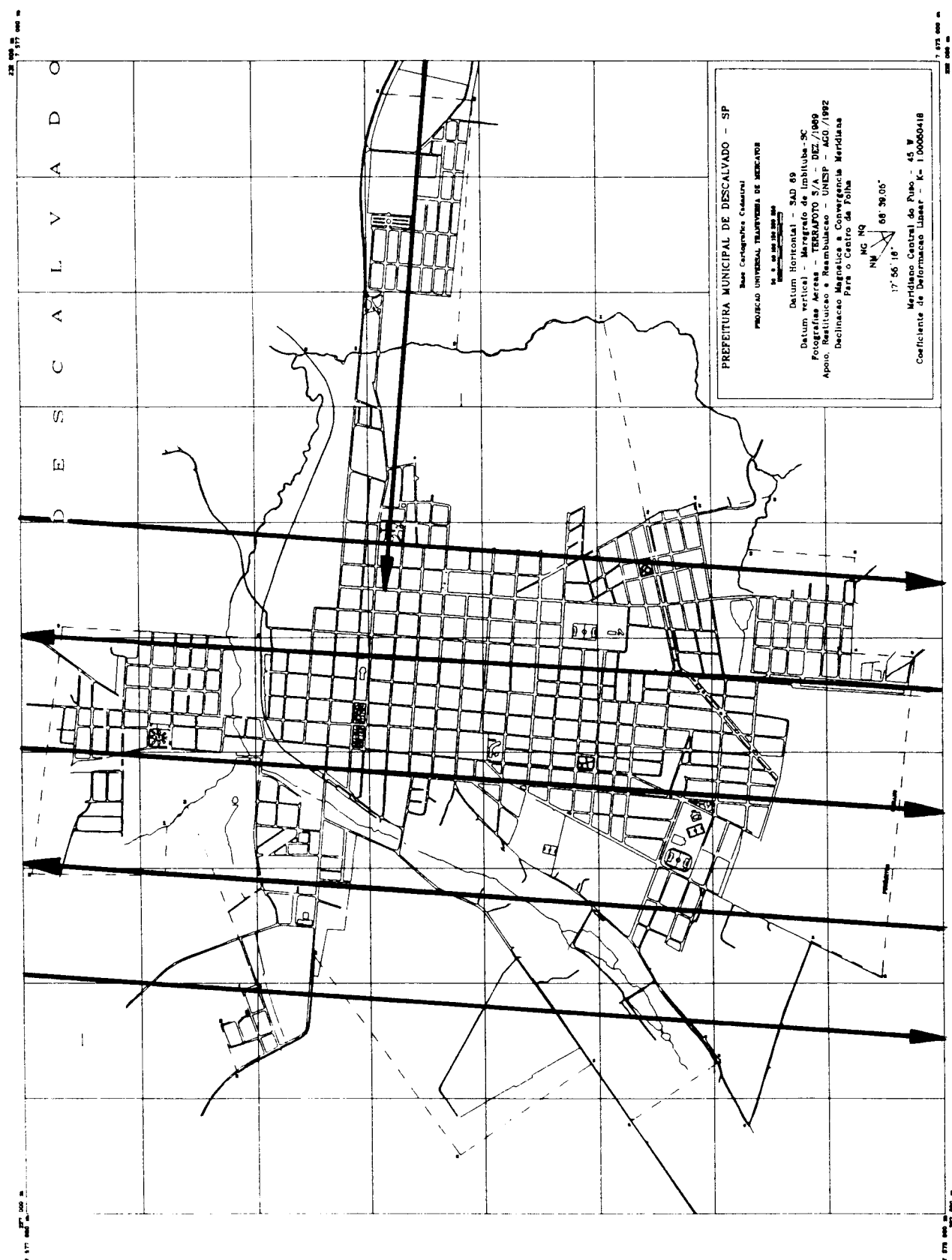


Figura 07 - Plano de Vão

6.2.5.2 Execução do voo

A aeronave utilizada foi um MONOMOTOR CESSNA de asa alta, por isso, proporcionou boa visibilidade, possibilitando um bom controle nas entradas das faixas, além disso, um orifício no assoalho da aeronave possibilitou a fixação da câmara fotográfica, através de um suporte metálico revestido em sua parte inferior, que toca o assoalho, com uma camada de espuma que absorve grande parte da tripidação, melhorando a qualidade da imagem das fotografias.

A equipe montada para esta operação foi de quatro pessoas, sendo 1 piloto, 1 navegador e 2 fotógrafos.

Para o deslocamento desta equipe, de Presidente Prudente-SP até Descalvado-SP, mais o tempo utilizado para a cobertura fotográfica da área de interesse, foram necessárias 6 (seis) horas de voo, totalizando US \$ 1,200.00 (DC), portanto US \$ 200.00 (DC)/Hora de voo.

Foi utilizada, apenas uma hora de voo para concluir a cobertura fotográfica da área de interesse (14km²), portanto, o restante (5 horas) foi utilizado para o traslado.

6.2.5.3 Material fotográfico

O filme utilizado foi o KODAK-120 (EKTAGOLD), ISO-160 com 12 exposições e o papel usado para a revelação das fotografias foi o EKTA-COLOR - SUPRA, sistema-RA com superfície-MATE, que é uma superfície fosca.

Este material não apresenta nenhuma característica especial, que possa acarretar um aumento considerável do custo, pois são materiais facilmente encontrados em estabelecimentos comerciais e laboratórios fotográficos e o custo total foi de US \$ 83.92 (DC)

6.2.6 Fotointerpretação das fotografias aéreas de pequeno formato

As fotografias foram ampliadas em papel fotográfico EKTACOLOR-SUPRA, sistema-RA com superfície-MATE, comumente encontrado em laboratórios (20cmX20cm), sem nenhuma especificação especial, pois estas fotos serviram apenas para a análise visual e identificação de possíveis alterações da ocupação do solo.

As fotografias foram ampliadas em escala 1:5000, e a qualidade radiométrica obtida, em termos de nitidez e coloração superou as expectativas.

Foram feitas, também, cópias contato, ou seja, no tamanho do negativo (5,6 X 5,6cm), que possibilitou a montagem das faixas com as respectivas superposições, produto este que auxiliou na identificação de fotos e negativos a serem usados, portanto funcionando como um foto-índice na escala original do voo.

Todas as fotografias foram analisadas e comparadas com a planta digitalizada.

Foram encontradas, com alteração no sistema viário, as seguintes fotos:

- Foto nº 05 da faixa nº 01;
- Foto nº 07 da faixa nº 02;
- Foto nº 09 da faixa nº 02;
- Foto nº 06 da faixa nº 03A.

Após a fotointerpretação, e a identificação das fotografias a serem utilizadas para a atualização da planta planimétrica, foram analisados os respectivos negativos, com o objetivo de detectar possíveis falhas que pudessem comprometer os resultados, tais como manchas, riscos, defeitos de revelação (fora de foco), etc.

Estas falhas não foram encontradas, portanto os negativos se encontravam em perfeitas condições de uso.

6.2.7 Atualização da planta planimétrica digitalizada

O processamento analógico dos dados, quando se usa fotografias de pequeno formato, torna-se inviável pelas dificuldades, que vão desde a orientação das fotografias no porta-placa até a correção das grandes distorções encontradas.

Neste trabalho optou-se pelo processamento analítico dos dados, o qual será abordado em pormenores no item 6.2.9.1, pois os aspectos geométricos da imagem são de grande importância, quando se utiliza estas fotografias para atualização de cartas topográficas.

6.2.8 Leitura de coordenadas no monocomparador

Para a leitura de coordenadas, foi utilizado o STECOMETER, que é um estereocomparador fabricado pela ZEISS JENA.

Como a planta a ser atualizada apresenta apenas detalhes planimétricos, optou-se por trabalhar apenas com uma foto de cada vez, ao invés de trabalhar com o par estereoscópico.

O procedimento da leitura das coordenadas dos pontos de interesse foi simples. O negativo foi posicionado corretamente no porta-placa do comparador, sendo ligado o coordímetro e o micro-computador que fazem parte do sistema utilizado para a montagem do arquivo de dados.

O coordímetro funciona como uma interface que recebe os dados do comparador e transmite-os ao micro-computador, por meio do programa ESTEREO, desenvolvido por pesquisadores da UNESP, que monta o arquivo de dados no mesmo formato do arquivo montado com a mesa digitalizadora, ou seja, código de feições a serem desenhadas pelo AUTOCAD, x e y, onde x e y são as coordenadas lidas, portanto estão no sistema do comparador.

A primeira providência a ser tomada, é a familiarização do operador com a área a ser restituída.

O operador deve observar na fotografia ampliada a área a ser restituída e fazer uma identificação prévia da mesma, no negativo, pois o mesmo aparece com uma rotação de 180° quando observado neste tipo de comparador, além de aparecer com a cor invertida.

Após esta etapa, é de fundamental importância a escolha dos pontos que serão utilizados como apoio, pois a partir das coordenadas destes pontos serão calculados os parâmetros de transformação, que serão aplicados aos outros pontos de interesse, calculando-se suas respectivas coordenadas no sistema do espaço objeto.

Os pontos de apoio foram cuidadosamente escolhidos de tal forma que os mesmos fossem perfeitamente identificáveis no negativo, além de oferecer ótimas condições de pontaria.

Para o êxito desta operação, foi decidido que os cantos das edificações e das quadras, que fizessem parte da planta digitalizada e

das fotografias aéreas de pequeno formato (negativo), seriam as feições mais utilizadas, sempre que possível, como pontos de apoio.

Os negativos apresentaram um alto grau de nitidez, e as cruzetas do "RESEAU" estavam perfeitas, mas optou-se pela não utilização das marcas fiduciais, porque são poucas as câmaras encontradas no mercado que possuem o "RESEAU". A utilização destas marcas fiduciais proporciona uma melhora significativa da qualidade métrica dos resultados, pois a câmara se torna parcialmente métrica.

Com os pontos de apoio definidos, executou-se a leitura de coordenadas dos mesmos, e em seguida dando sequência ao procedimento, leu-se as coordenadas de todos os outros pontos de interesse, montando o arquivo de coordenadas no sistema do comparador.

6.2.9 Transformação das coordenadas do sistema de comparador para o sistema de espaço objeto (UTM)

Com os arquivos de coordenadas montados, para todas as fotografias, os mesmos foram transportados para um diretório que contém o programa PROJ, utilizado para transformar as coordenadas do sistema de comparador para o sistema UTM.

Após a análise do relevo de todas as áreas a serem atualizadas, notou-se pequenos desníveis, o que justifica a utilização da transformação Plana Projetiva (8 parâmetros).

O programa PROJ foi desenvolvido para calcular coordenadas de pontos no espaço objeto a partir de coordenadas lidas no monocomparador aplicando-se a transformação PLANA PROJETIVA (8 parâmetros).

Este programa possui os seguintes arquivos:

a) de entrada:

- * APOIO - que contém o número de pontos de apoio "Np" e as coordenadas X e Y dos mesmos, no espaço objeto
- * LIDOS - que contém as coordenadas x e y, lidas no monocomparador.

b) de saída:

- * SAÍDA - que contém as coordenadas X e Y dos pontos de interesse, no espaço objeto.

6.2.9.1 Transformação Plana Projetiva

Segundo LUGNANI (27), as transformações geométricas são instrumentos fundamentais de trabalho para o fotogrametrista e geodesta. Os tratamentos matemáticos e computacionais, cada dia mais, substituem as atividades analógicas e gráficas convencionais.

A escolha do modelo matemático tem implicações fundamentais em aspectos de precisão, em problemas de mau condicionamento de sistemas, na eficiência numérica e na exatidão dos resultados obtidos.

Supondo-se que o terreno é aproximadamente plano, a transformação plana projetiva assemelha-se à transformação que uma fotografia introduz no objeto fotografado.

Este tipo de transformação recupera (calcula) a planimetria de uma foto (X e Y).

Quando o relevo for acidentado, o deslocamento devido ao relevo na foto ocasionará erros se aplicada a transformação plana projetiva.

a) Modelo matemático

O modelo matemático utilizado foi o seguinte:

$$x' = \frac{a_1 X + a_2 Y + a_3}{a_4 X + a_5 Y + 1}$$

$$y' = \frac{a_6 X + a_7 Y + a_8}{a_4 X + a_5 Y + 1}$$

onde: X e Y = coordenadas dos pontos de apoio considerados

fixos no espaço objeto

x' e y' = coordenadas dos pontos de apoio (medidas no monocomparador)

$a_1 \dots a_8$ = parâmetros de transformação.

* Matricialmente temos:

$$x' = a_1 X + a_2 Y + a_3 - x' a_4 X - x' a_5 Y$$

$$y' = a_6 X + a_7 Y + a_8 - y' a_4 X - y' a_5 Y$$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & Y & 1 & -Xx' & -Yx' & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -Xy' & -Yy' & X & Y & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} a_1 \\ : \\ a_8 \end{bmatrix}$$

ou seja:

$$L_b + v = A * X_a \quad \text{ou} \quad L_a = A * X_a$$

onde: $L_a = L_b + v$;

L_b = vetor das coordenadas dos pontos de apoio lidas no monocomparador;

v = vetor dos resíduos.

b) Aplicação do Método dos Mínimos Quadrados (MMQ)

Considerando que o modelo é linear e que os termos x' e y' na matriz "A" podem ser considerados fixos, a solução pelo método dos mínimos quadrados será:

$$L_b + v = A * X_a$$

minimizando $V^T P V$, temos:

$$(A^T * P * L_b) = (A^T * P * A) * X_a$$

considerando-se todas as observações com o mesmo peso, temos $P = I$ e portando podemos escrever:

$$X_a = (A^T * A)^{-1} * (A^T * L_b)$$

fazendo:

$$N = (A^T * A)^{-1} \text{ e } U = (A^T * L_b), \text{ temos:}$$

$$X_a = N^{-1} * U$$

onde: A = matriz das derivadas de x' e y' em relação aos parâmetros, (como o modelo é linear, é a matriz dos coeficientes)

X_a = vetor dos parâmetros de transformação ajustados

L_b = coordenadas dos pontos de apoio lidas no monocomparador.

6.2.10 Preparação para o sistema gráfico

Com os arquivos de coordenadas já transformados para o espaço objeto, é preciso transformá-los para o formato DXF, para proceder a importação dos mesmos pelo AUTOCAD.

Para tanto, foi utilizado o programa ARQ, já citado no item 6.2.4, quando da digitalização das minutas de restituição.

O programa ARQ transforma um arquivo contendo o código de feições a serem desenhadas pelo AUTOCAD e as coordenadas X e Y, no espaço objeto, para o formato DXF, que pode ser importado pelo AUTOCAD.

Foi criado um novo "layer" (nível) no arquivo que contém a planta digitalizada, do perímetro urbano de Descalvado, com o nome de ATUAL. Este layer contém a restituição de todas as áreas com alterações, podendo-se assim, fazer a atualização da referida planta, como mostra a fig. 08.

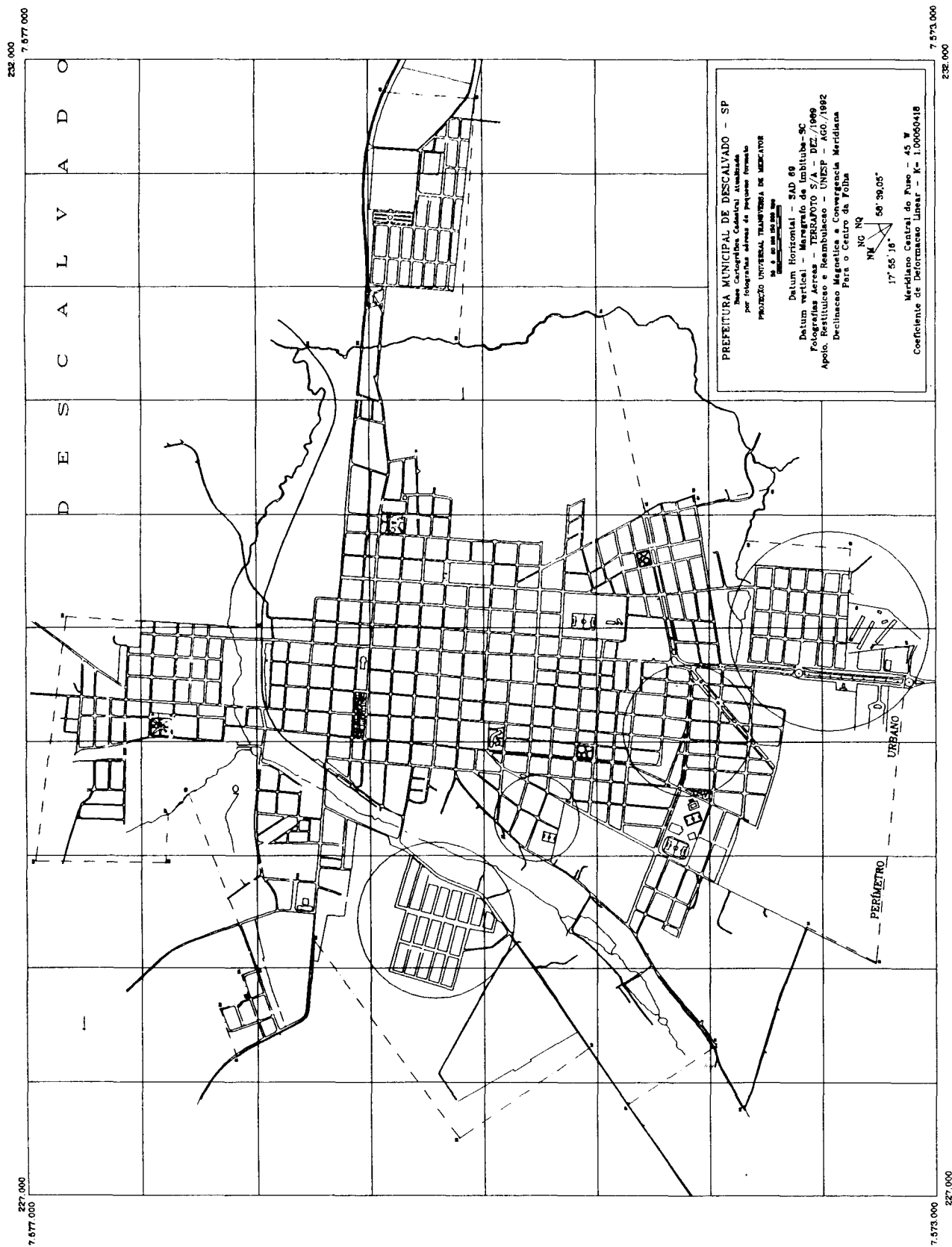


Figura 08 - Planta Atualizada do Perímetro Urbano em Escala 1:25000 - 1992

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

7.1 Vôo fotogramétrico de 1989

Executado pela Terrafoto S/A em 1989 em escala 1:10000, este vôo teve como objetivo a restituição aerofotogramétrica analógica em escala 1:2000, com plani-altimetria.

Partindo-se do princípio de que os instrumentos restituidores possuem uma capacidade de ampliação limitada em aproximadamente 5 (cinco) vezes, e que os próprios fabricantes destes instrumentos recomendam uma margem de segurança, isto é, não trabalhar no limite do instrumento, pode-se notar que a escala do vôo deveria ter sido fixada em 1:8000, tendo portanto, uma boa margem de segurança com a ampliação nominal de apenas 4 vezes.

Além da escala, vale ressaltar que foram fornecidas, pela contratada, apenas as fotografias aéreas convencionais na escala original do vôo e um foto-índice em escala 1:40000, quando o ideal seria o fornecimento, também, dos respectivos diapositivos, pois estes proporcionam melhores condições, até mesmo em termos de precisão, para a restituição.

As fotografias aéreas convencionais foram analisadas, sendo que as mesmas apresentaram alto grau de nitidez, e estão em excelente estado para sua utilização, tanto para fotointerpretação quanto para restituição.

7.2 Vôo fotogramétrico de 1992

Este vôo foi executado com uma câmara ROLLEIFLEX - 6006 de pequeno formato, com o objetivo de atualização da planta cadastral urbana e do cadastro imobiliário.

Executado em escala 1:15000, estas fotos foram utilizadas para fotointerpretação e restituição numérica das alterações identificadas.

Foram feitas as cópias-contato dos negativos, cujas dimensões são 56,0mmX56,0mm, como mostra a FIG. 09.



FIGURA 09 - Cópia-contato na escala original do vôo = 1:15000.

Nota-se portanto, que a área abrangida por esta fotografia é menor do que a área abrangida pela fotografia aérea convencional.

A qualidade da imagem é excelente, e isso pode ser atribuído ao sistema de lentes alemão da câmara fotográfica ROLLEIFLEX - 6006 e ao laboratório que executou o processamento fotográfico.

As ampliações foram feitas em escala 1:5000, onde obteve-se excelente qualidade, tanto de nitidez quanto de coloração, fatores estes que afetam fortemente a qualidade da imagem e a quantidade de informações que se pode extrair das fotografias aéreas.

Estas ampliações podem ser analisadas pela FIG. 10.

N
↑



FIGURA 10 - Ampliação fotográfica em escala 1:5000.

Um importante produto que foi obtido com as ampliações das fotografias aéreas de pequeno formato, foi a identificação ou individualização de um imóvel através da ampliação fotográfica em escala 1:1000.

Como mostra a FIG. 11, os detalhes contidos numa simples ampliação de fotografia aérea de pequeno formato, são elementos ricos em informações que não figuram em plantas cadastrais ou mesmo em plantas de quadra, comumente construídas em grandes escalas, tais como 1:2000 ou 1:1000.



FIGURA 11 - Ampliação fotográfica de uma quadra em escala 1:1000

A digitalização das minutas de restituição proporciona vários benefícios, já citados anteriormente, mas vale ressaltar um outro produ-

to, comumente utilizado por prefeituras em seus setores de cadastro técnico, que é a planta de quadra em escala 1:1000.

As quadras podem ser plotadas através do AUTOCAD e na escala desejada.

A FIG. 12 mostra uma planta de quadra, sendo a mesma que aparece na FIG. 11, e as diferenças do tipo de informações são evidentes.

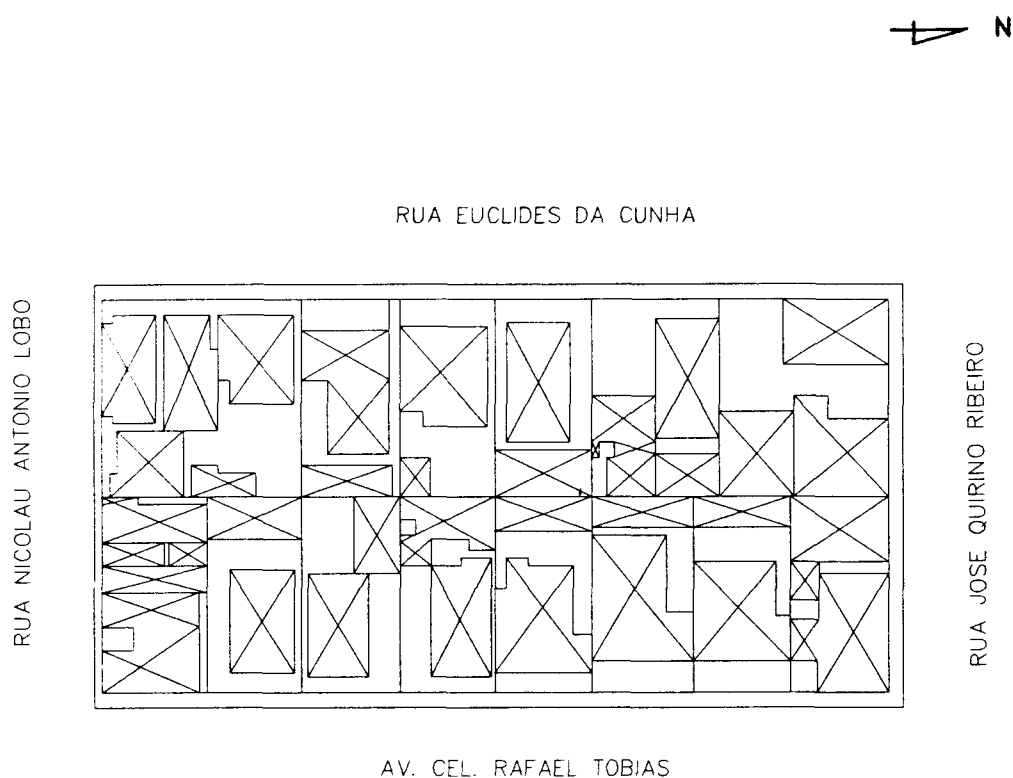


FIGURA 12 - Planta de quadra em escala 1:1000.

Estes dois produtos aqui apresentados, a fotografia ampliada ao nível da quadra e a planta de quadra, têm o objetivo de apresentar um alto nível de detalhamento, imprescindível a um setor de cadastro técnico bem organizado.

A estes produtos podem ser associadas informações, tais como ligações de água, esgoto, energia, linhas telefônicas, etc.

Existe hoje um grave problema que envolve a grande maioria dos municípios brasileiros, que é a arrecadação tributária, isto é, a receita gerada dentro do próprio município e sem qualquer interferência do Estado.

Segundo LONGO (26), a história da receita interna dos municípios do Estado de São Paulo vem apresentando uma grande queda na arrecadação do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU).

Um dos fatores pelo qual a receita gerada pelo IPTU, na maioria dos municípios, vem apresentando queda significativa, é a interferência política, os quais, dizem em ditados populares que cobrar impostos "não dá voto".

Na prática, é comum encontrar isenções e anistias de débitos de IPTU à proprietários particulares, fato este que pode incentivar a sonegação de impostos.

Um outro fato relevante que prejudica a arrecadação do IPTU, é a desatualização do cadastro imobiliário e da planta genérica de valores.

O recadastramento imobiliário, devido ao seu alto custo, não vem sendo executado com frequência, ou seja, a cada um ou dois anos pelo menos.

O custo praticado pelas empresas que atuam nesta área está entre US\$ 4.00 a US\$ 6.00 por unidade imobiliária cadastrada, na melhor das hipóteses. Este custo inviabiliza qualquer mobilização por parte de uma prefeitura com o objetivo de fazer um recadastramento imobiliário, num curto período de tempo.

O alto custo de um recadastramento imobiliário faz com que as prefeituras se mobilizem para esta obra apenas segundo longos períodos de tempo, ou seja, entre cinco ou dez anos aproximadamente.

A perda na arrecadação do IPTU com a desatualização, vai se acumulando de ano a ano, e em municípios que possuem um crescimento acentuado esta perda pode chegar a patamares significativos.

Com a fotointerpretação executada, a partir do vôo fotogramétrico convencional de 1989, foram identificadas 2691 alterações nas edificações, sendo que a grande maioria destas alterações são causadas por edículas e/ou ampliações nos fundos das edificações.

Nota-se portanto, que este tipo de alteração dificulta a ação de fiscais de obras da prefeitura, quando executado por métodos convencionais.

O número de alterações encontradas é significativo, pois uma cidade que possui 7000 imóveis cadastrados apresenta 38,44% destes com alterações sem sua devida regularização e isto ocorreu em um período de dez anos (1979 a 1989).

Através do vôo fotogramétrico com a câmara de pequeno formato, que possui um baixo custo comercial (cerca de US\$ 200.00/km² acrescido do custo de deslocamento da aeronave e equipe), pode-se obter as fotografias aéreas coloridas e ampliadas até as escalas 1:5000 e 1:1000, como mostram as FIG. 10 e 11.

A fotografia em escala 1:1000 de uma quadra, permite que qualquer leigo em fotointerpretação identifique as alterações das edificações, portanto o setor de cadastro poderá controlar rigorosamente o espaço físico-territorial urbano com um alto nível de detalhamento.

Com este produto, a prefeitura poderá ficar auto-suficiente na etapa de atualização do cadastro imobiliário por muito tempo, evitando um bom percentual da perda de arrecadação tributária do município, além de contribuir significativamente ao planejamento municipal.

É importante lembrar que este produto, mesmo sendo suficiente para atualizar o cadastro imobiliário por vários anos, não é suficiente para coletar dados sócio-econômicos ou mesmo dados sobre o tipo de construção. Ao longo de um determinado período as edificações sofrem deteriorizações e passam por reformas que as vezes mudam muito o tipo de construção, e isto também influencia na cobrança do IPTU.

7.3 Análise das áreas atualizadas

As FIG. 13, 14, 15, 16 e 17 mostram em linhas contínuas a parte antiga da planta digitalizada e em linha tracejadas a atualização executada a partir da restituição das fotografias aéreas de pequeno formato.

Pode-se notar que os erros de medidas, em todas as cenas aqui apresentadas são pequenos, ou seja, abaixo do PEC para cartas classe "A", em escalas 1:5000 e até mesmo 1:2000.

A FIG. 13, mostra como foram feitas as análises da precisão métrica através do AUTOCAD, para todas as cenas aqui apresentadas.



FIGURA 13 - ZOOM da cena-3, em escala 1:2000 com a análise das discrepâncias.

A FIG. 14, mostra a cena-1 da planta digitalizada com suas devidas atualizações a partir da restituição das fotografias aéreas de pequeno formato.

Nesta cena, foram analisados cinco pontos de checagem, obtendo-se discrepância mínima de 0,82m e máxima de 1,88m, portanto atendendo ao PEC planimétrico para cartas Classe-A em escalas 1:5000 e deixando a desejar para a escala 1:2000.

A discrepância máxima (1,88m), pode ser atribuída às mesmas condições encontradas quando da obtenção dos pontos de apoio, extraídos da

minuta de restituição, pois foram poucos, mal distribuídos e mal definidos nas fotografias prejudicando os resultados.

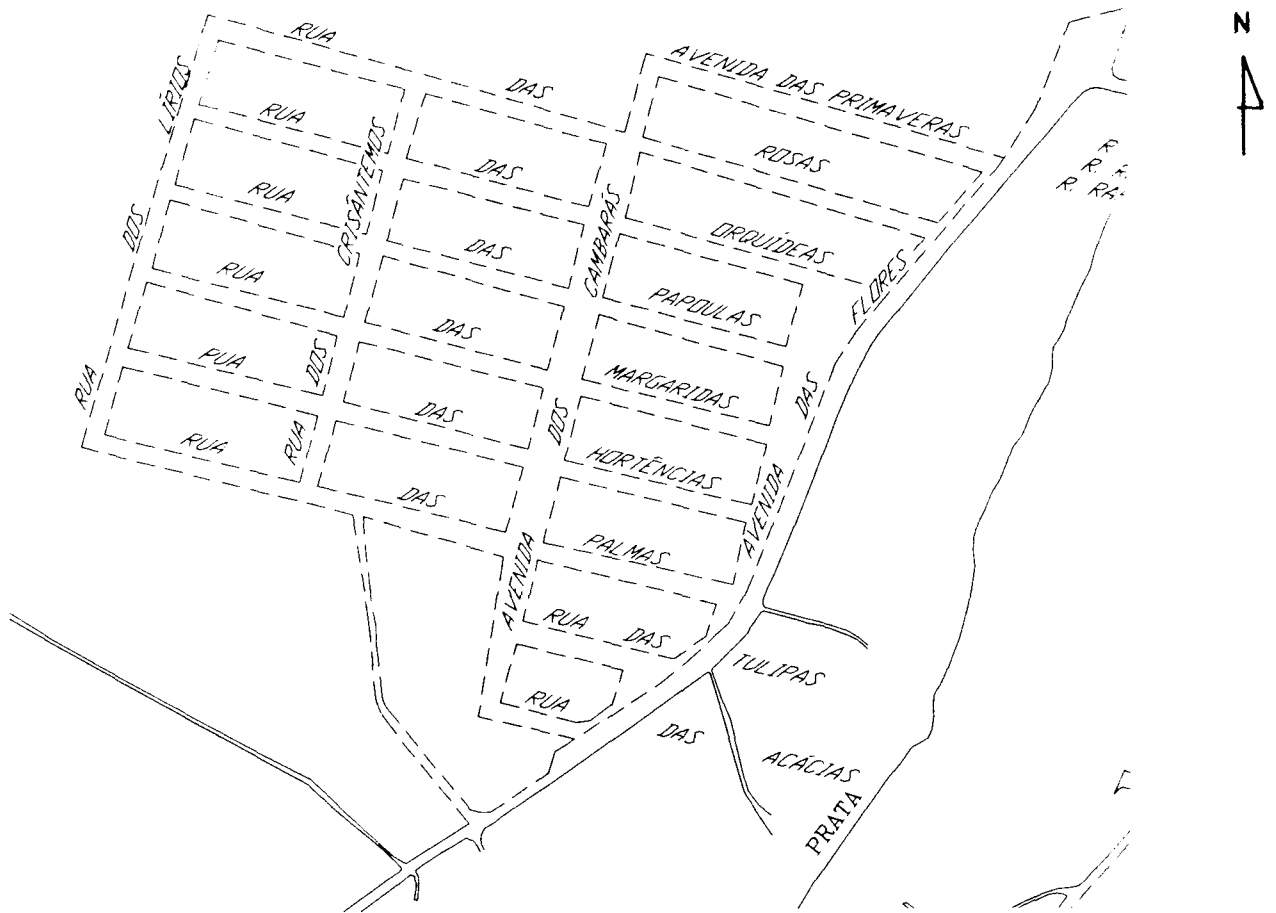


FIGURA 14 - cena-1, em escala 1:5000.

A FIG. 15, mostra a cena-2 da planta digitalizada com suas devidas atualizações a partir da restituição das fotografias aéreas de pequeno formato.

Nesta cena, foram analisados três pontos de checagem, obtendo-se discrepância mínima de 0,23m e máxima de 0,79m, portanto atendendo ao PEC planimétrico para cartas Classe-A em escalas 1:5000 e 1:2000.

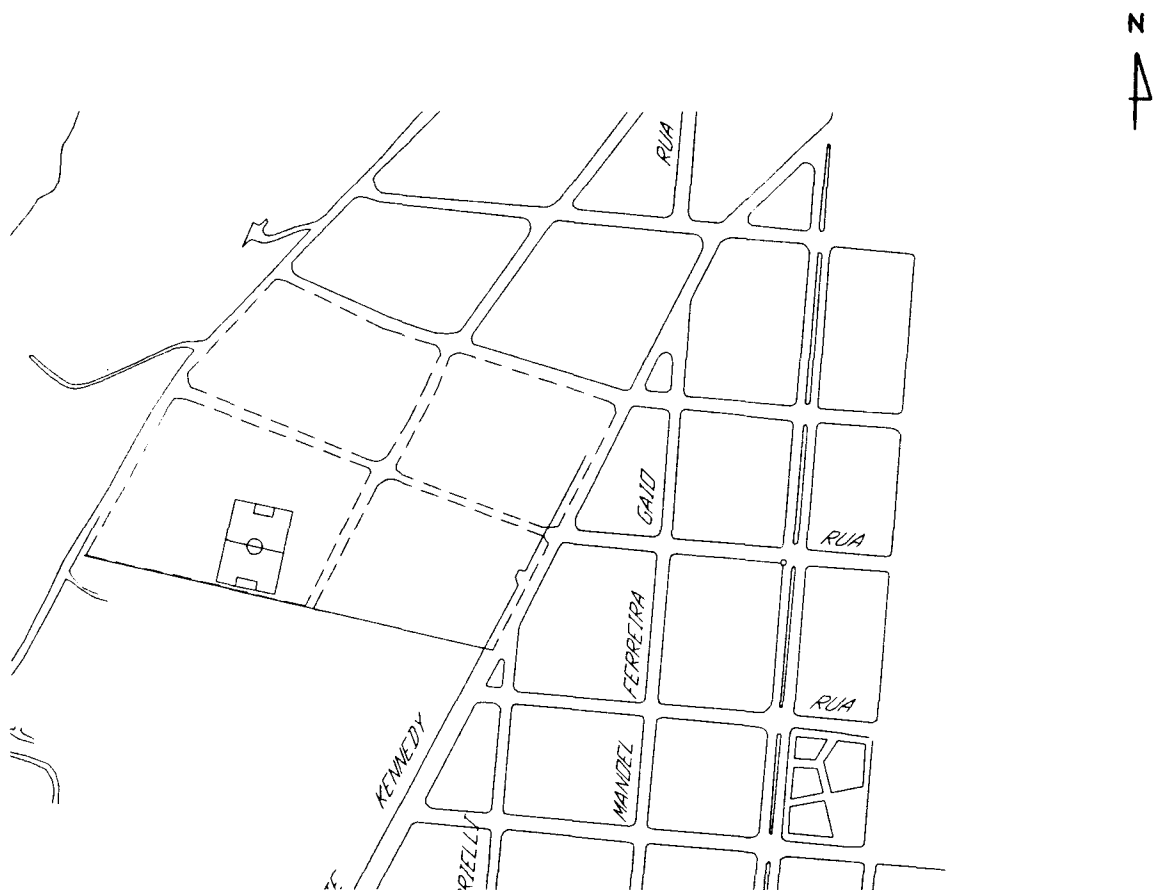


FIGURA 15 - Cena-2, em escala 1:5000.

A FIG. 16, mostra a cena-3 da planta digitalizada com suas devidas atualizações a partir da restituição das fotografias aéreas de pequeno formato.

Nesta cena, foram analisados doze pontos de checagem, obtendo-se discrepância mínima de 0,18m e máxima de 1,05m, portanto atendendo ao PEC planimétrico para cartas Classe-A em escalas 1:5000 e 1:2000.

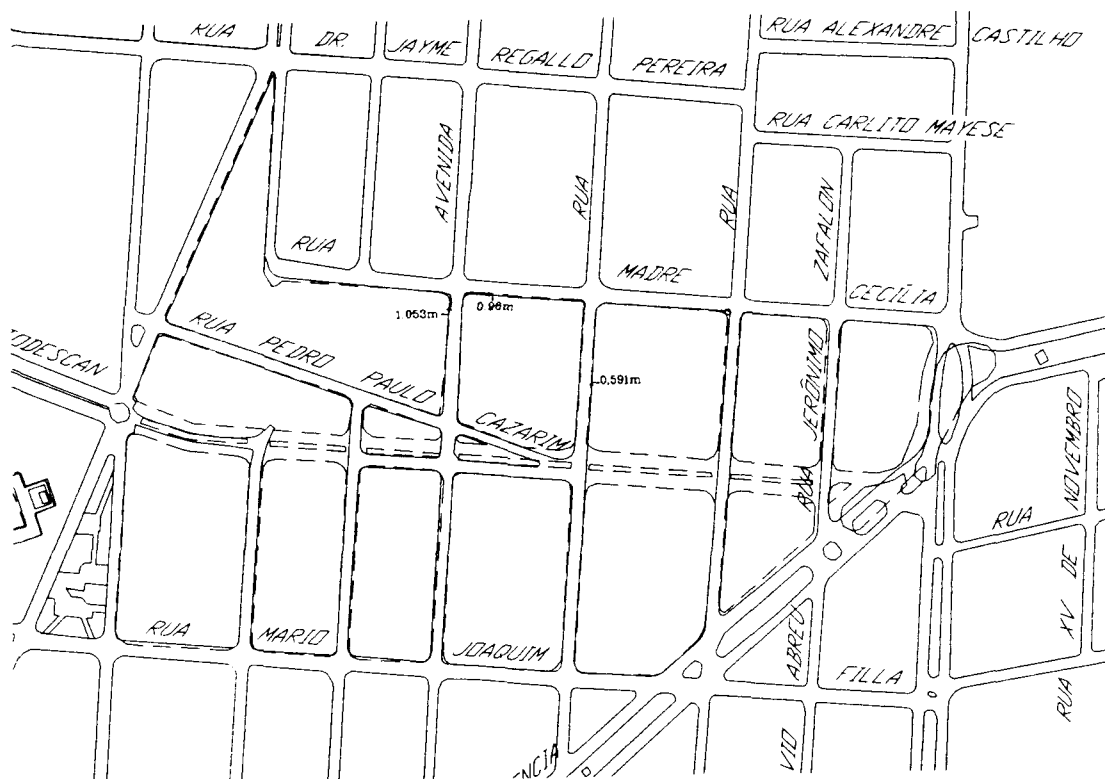


FIGURA 16 - Cena-3, em escala 1:5000.

A FIG. 17, mostra a cena-4 da planta digitalizada com suas devidas atualizações a partir da restituição das fotografias aéreas de pequeno formato.

Nesta cena, foram analisados onze pontos de checagem, obtendo-se discrepância mínima de 0,56m e máxima de 1,23m, portanto atendendo ao PEC planimétrico para cartas Classe-A em escalas 1:5000 e deixando a desejar para escala 1:2000.

A discrepância máxima (1,23m), pode ser atribuída ao uso das bordas do negativo, onde tem-se maiores distorções, prejudicando os resultados.

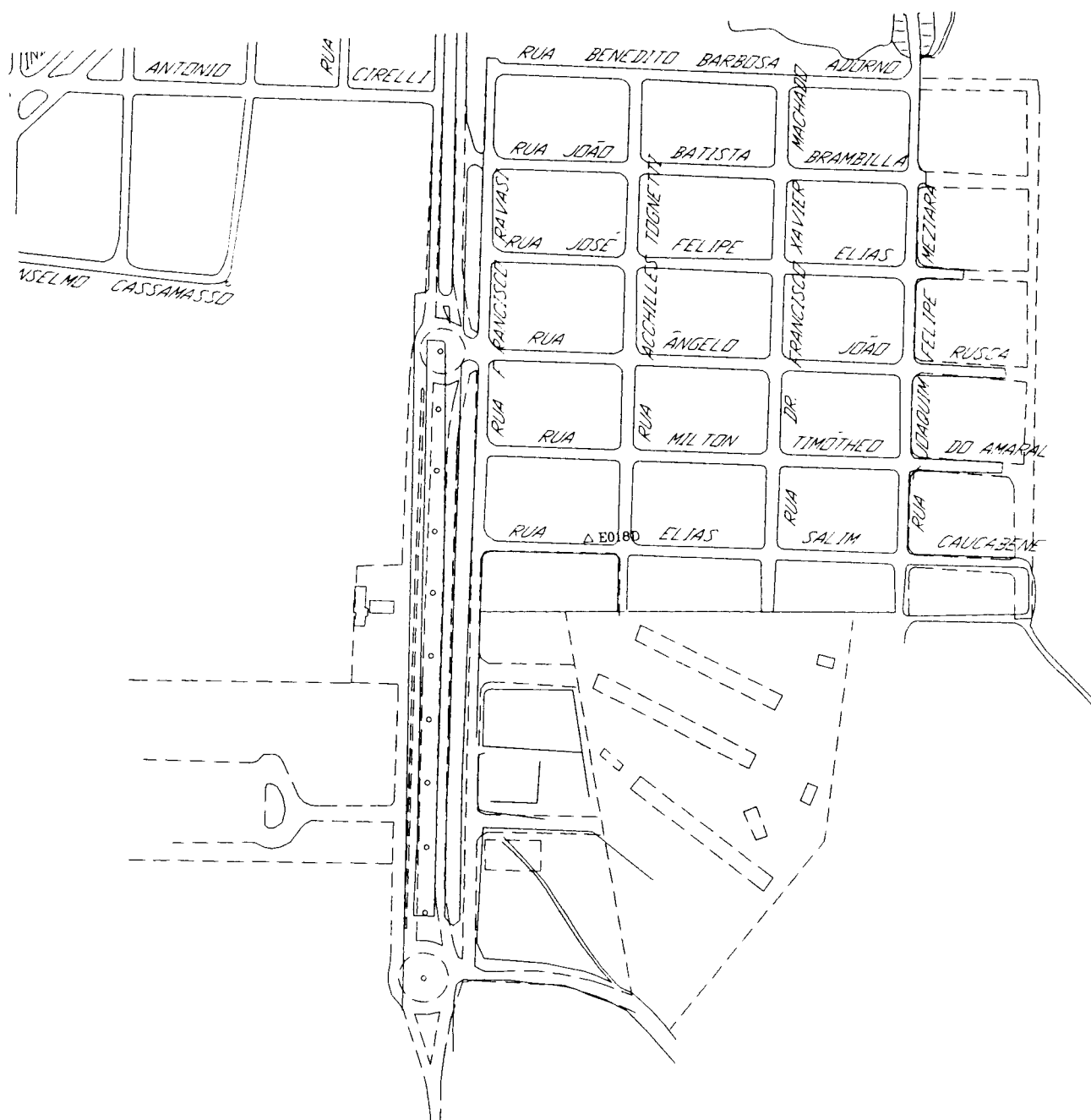


FIGURA 17 - Cena-4, em escala 1:5000

8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

8.1 Conclusões quanto as fotografias aéreas de pequeno formato

Analisando o produto fotográfico obtido, conclui-se que este revelou-se extremamente útil, tanto para o estabelecimento de um sistema cadastral quanto ao planejamento municipal.

A facilidade na obtenção destas fotos, principalmente em termos financeiros, torna-as na principal razão pelo qual este produto pode vir a conquistar espaço na área da Cartografia e na atualização cadastral, pois pode-se observar que, neste projeto, o custo do voo com a câmara de pequeno formato foi de 16,75% do voo convencional, como mostra a tabela (4).

TABELA 04

Comparação entre custos do voo convencional e com câmaras de pequeno formato

OPERAÇÃO	CUSTO DO VÔO OBTIDO NO PROJETO (DC)	CUSTO DO VÔO FOTOGR. CONVENCIONAL (DC)
vôo / km ²	20.28	333.32
total de 14km ²	283.92	4,666.48
translado	1,000.00	3,000.00
custo total	1,283.92	7,666.48
percentual	16,75%	100,00%

Os custos apresentados na tabela (4), não são custos comerciais, isto é, na contratação de uma empresa especializada para a execução do voo com câmara de pequeno formato, o preço deverá diferir destes apresentados, mas mesmo assim os valores deverão continuar baixos.

As fotografias aéreas de pequeno formato mostraram resultados satisfatórios tanto para a fotointerpretação quanto para restituição.

Na fotointerpretação, notou-se grande simplicidade na identificação de alterações no sistema viário e nas construções, pois a ampliação e as cores das fotos esclarecem muitas dúvidas comuns em fotografias aéreas branco e preto, e em escalas menores. Portanto, estas fotos podem se tornar uma ferramenta rigorosa para a fiscalização, mostrando provas materiais, pois não se pode contestar uma imagem, principalmente em ações litigiosas.

8.1.1 Recomendações sobre as fotografias aéreas de pequeno formato

As principais recomendações não dizem respeito somente ao uso, o qual ficou claro no desenvolvimento deste trabalho, mas principalmente a obtenção destas fotografias.

O sucesso de um voo deste tipo depende de um conjunto de fatores, entre os quais pode-se citar a câmara fotográfica, a aeronave, a equipe e principalmente o plano de voo.

Recomenda-se que o plano de voo seja executado por profissionais que tenham pleno conhecimento das dificuldades no cumprimento desta missão, com atenção especial a escala e às superposições longitudinal e lateral, porque as fotografias aéreas de pequeno formato abrangem uma área pequena no terreno a ser fotografado, quando comparada com a fotografia aérea convencional, facilitando o erro de entrada na linha de voo provocando possíveis falhas na superposição lateral.

Com o intuito de minimizar falhas de superposição é recomendável que se execute este voo com superposição lateral de 40% e superposição longitudinal de 70%, aumentando assim a segurança para o êxito do voo fotogramétrico com câmara de pequeno formato.

Quanto a operação de uma câmara fotográfica, para a obtenção destas fotografias, recomenda-se acoplar a mesma em um suporte fixado no piso da aeronave assentado sobre uma espuma para absorver a tripidação, além disso, segundo recomendações do laboratório fotográfico, a velocidade do obturador deve ser no mínimo de 1/500 segundos, a abertura do diafragma no mínimo de $F - 5,6$ e a focalização regulada para o infinito.

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho percebe-se a necessidade da execução de outras pesquisas utilizando as fotografias aéreas de pequeno formato, seja como ferramenta básica ou auxiliar, em diversas áreas como, avaliação de problemas ambientais e infraestrutura, organização de trânsito urbano e fluxo de tráfego, ou seja, para instrumentalização de prefeituras fornecendo subsídios para o planejamento municipal.

Para a elaboração de um Plano Diretor Físico-Territorial Municipal, exigido pela Constituição Federal para municípios a partir de 20000 habitantes e pela Constituição do Estado de São Paulo para todos os municípios, é recomendável o uso destas fotografias, pois as mesmas podem se tornar ferramentas valiosas para a obtenção de informações necessárias a definição, por exemplo, de áreas apropriadas para a expansão urbana.

Com os resultados aqui apresentados, acredita-se na necessidade da regulamentação desta atividade pelo Estado Maior das Forças Arma-

das-EMFA, com o objetivo de controlar o uso destas fotografias, principalmente em termos de precisão métrica, evitando assim aberrações nesta metodologia.

8.2 Conclusões sobre a atualização cadastral utilizando as fotografias aéreas de pequeno formato

As fotografias aéreas de pequeno formato, mostraram-se eficientes para a atualização da ocupação do espaço urbano. Quanto a atualização da planta cadastral, observou-se que, com o uso da fotogrametria analítica, pode-se obter resultados satisfatórios atendendo ao Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), isto pode ser verificado no item 7.2 quando da análise dos resultados.

O cadastro imobiliário poderá ser atualizado em curtos períodos de tempo, quando for executado com esta metodologia, proporcionando baixo custo, diminuindo assim as perdas de arrecadação com IPTU, além de mantê-lo atualizado, fato importante ao planejamento municipal.

Com as ampliações a nível de quadra em escalas 1:1000 ou 1:2000, o setor de cadastro de uma prefeitura pode tomar para si a tarefa de identificar nas fotos as alterações de construção nas edificações e fazer as visitas em campo para verificações e medições, somente onde e quando for necessário. Além disto, este produto pode auxiliar na avaliação da taxa de ocupação do lote e a discriminação do uso do solo urbano (industrial, comercial e residencial).

Este procedimento diminui consideravelmente o trabalho de campo e conseqüentemente os custos e o tempo de execução da atualização do cadastro imobiliário.

Quanto ao sistema gráfico utilizado, o AUTOCAD, serviu perfeitamente para o armazenamento dos dados, assim como para a obtenção das coordenadas dos pontos de apoio para a atualização das cartas, mostrando-se eficiente na entrada, manipulação e saída de dados, seja via plotter ou impressora laser.

Neste trabalho, optou-se pelo uso da transformação plana projetiva, pelos fatos de não se trabalhar com a altimetria e o terreno não apresentar grandes desníveis numa mesma fotografia, pois em terrenos muito acidentados o deslocamento devido ao relevo, produzido nas fotografias, acarretará erros se aplicada esta transformação. Já a transformação linear direta, conduzirá a resultados satisfatórios quando aplicada em terrenos acidentados.

8.2.1 Recomendações sobre a atualização cadastral utilizando as fotografias aéreas de pequeno formato

É recomendável o uso do negativo para a restituição, pois a utilização de ampliações ou mesmo cópias-contato prejudicam a precisão métrica dos resultados, devido as grandes distorções produzidas pelo sistema de lentes dos ampliadores e pelo processo de revelação.

Os pontos de apoio podem ser pré-sinalizados, obtidos por métodos convencionais ou GPS, ou mesmo extraídos da carta a ser atualizada, portanto é recomendável cuidados especiais quanto a precisão e posicionamento dos mesmos em relação a área a ser restituída, evitando-se as bordas das fotografias.

É recomendável a execução do voo com câmara de pequeno formato em escalas 1:15000 ou menores, pelo fato destas estarem equipadas, geralmente, com distâncias focais de 40, 50 ou 80mm, e portanto as quais levam a altura de voo a se tornar muito baixa para áreas urbanas, proporcionando muita turbulência, causando portanto indesejada instabilidade na aeronave.

A utilização da transformação plana projetiva é recomendável para a atualização da planimetria em áreas relativamente planas, já a transformação linear direta apresentará problemas de mal condicionamento das equações normais devido a correlação entre os parâmetros envolvidos.

Para melhorar ainda mais a precisão da restituição, é recomendável a utilização de reseau, permitindo assim a calibração da câmara.

A fotografia ampliada a nível de quadra pode se tornar um precioso instrumento para a atualização do cadastro imobiliário, mas este produto não se caracteriza como um recadastramento, pelo fato de não estar sendo atualizadas as informações socio-econômicos ou mesmo alterações no padrão de construção em todos os imóveis. Portanto, é recomendável que se execute mais pesquisas nesta área, analisando o período de tempo possível de atualizações por esta metodologia, sem que ocorra deteriorização das informações, a ponto de prejudicar ações de planejamento.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. ABDEL-AZIZ, Y. I., KARARA, H. M. Photogrammetric Potentials of Non-Metric Cameras. Illinois: University Illinois, 1974.
02. AMORIM, A. Fotogrametria Analítica Aplicada às Câmaras de Pequeno Formato. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 14º, 1989, Gramado (RS), Anais ... p. 14-22.
03. ANDRADE, J. B. de Navstar - GPS. Curitiba(PR): UFPR, 1988.
04. ANDRADE, J. B. de Otimização do Projeto de Densificação do Controle Aerofotogramétrico. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 9º, 1979, Curitiba (PR), Anais ... p. 4-9.
05. ARAÚJO, C. A. G., D'ALGE, J. C. L. Correcção Geométrica das Imagens: uma abordagem de imagens digitais Landsat TM apoiadas em cartas topográficas de grande e média escalas. In: Simpósio Latino Americano de Sensoriamento Remoto, 1986, Gramado (RS), Anais ... p. 511-25.
06. BAHR, H. P. Elementos Básicos do Cadastro Territorial. 1º curso intensivo de Fotogrametria e Fotointerpretação Aplicados à Regularização Fundiária, Curitiba: UFPR, 1982. 48p.
07. BLACHUT, T. J. et al. Urban Surveying and Mapping. New York: Springer - Verlag, 1979. 372p.
08. BOLT, M. F., ATKINSON, K. B. Space Resection of 35mm Model Aircraft Photography. In: International Congress of Photogrammetry and Remote Sensing / International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 15º, 1984, Rio de Janeiro. Anais...

09. BRASIL. Leis, Decretos, etc. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal, 1988.
10. BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Cartografia e Aerolevantamento: Legislação. Brasília: COCAR, 1986. p. 26-7.
11. BRASIL. Ministério do Exército. Manual Técnico de Aerotriangulação". Brasília: DSG. 1984. 87p.
12. CARVALHO, F. R. de. Cadastro Geoambiental Polivalente- Projeção TM (conforme de Gauss). Brasília: COCAR, 1984. (Informativo COCAR).
13. DALE, P. F., McLAUGHLIN, J. D. Land Information Management. New York: Oxford University, 1990. 169p
14. DISPERATI, A. A. Obtenção e Uso de Fotografias Aéreas de Pequeno Formato. Curitiba: UFPR, 1991. 290p.
15. ERIKSEM, W. Die Stadt als Okosystem. In: Fragenkreise, Paderborn und Munique, Ferdinand Schoning und Blumenbur Verlag, 1983. 39p.
16. GEMAEL, C. Sistemas de Projeção. Curitiba: UFPR, 1976.
17. GONDIN, L., org. PLANO DIRETOR E O MUNICÍPIO: novos tempos, novas práticas. Rio de Janeiro: IBAM, 1991.
18. HOFFMANN, A. R. RolleiMetric: Close Range Photogrammetry System. Lafayette-CA, USA: Terra Metric, Inc., 1992.
19. HORLER, D. N. H., AHERN, F. J. Forest Information Content of Thematic Mapper Data. London, International Journal of Remote Sensing, V.7, n.3, p. 405-28, 1986.

20. KARARA, H. M. Non-Topographic Photogrammetry. In: Manual of Photogrammetry. American Society Photogrammetry. New York: Falls Church, 1980. p. 785-882.
21. LOCH, C. Cadastro Técnico Multifinalitário Rural e Urbano. Florianópolis: UFSC, 1989. 72p.
22. LOCH, C. A INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS AÉREAS: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais. 2 Ed. Florianópolis: UFSC, 1989.
23. LOCH, C. Monitoramento Global Integrado de Propriedades Rurais. Curitiba: UFPR, 1989. (Tese de Doutorado)
24. LOCH, C., KIRCHNER, F. F. Imagens de Satélite na Atualização Cadastral". In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 5º, 1988, Natal. Anais ... São José dos Campos: INPE, 1989. p. 7-12.
25. LOCH, C., LAPOLLI, E. M. Elementos Básicos da Fotogrametria e Sua Utilização Prática. Florianópolis: UFSC, 1989. 104p.
26. LONGO, C. A. Caminhos Para a Reforma Tributária. São Paulo: Pioneira, 1986.
27. LUGNANI, J. B. Introdução à Fototriangulação. Curitiba: UFPR, 1987.
28. MALILA, W. Comparison of the Information Contents of Landsat TM and MSS Data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Virginia, V.51, n.9, p. 1449-57, 1985.
29. MIKHAIL, E. Introduction to Metrology Concepts. In: Manual of Photogrammetry, Close Range Photogrammetry & Surveying: state-of-the-art. New York: Falls Church, 1985. p. 25-81.

30. NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. São Paulo: Edgard Blucher, 1989. 308p.
31. OLIVAS, M. A. de A. CALIBRAÇÃO DE CÂMARAS FOTOGRAMÉTRICAS: Aplicação dos metodos de Câmaras Convergentes e Campos Mistos. Curitiba: UFPR, 1980. 137p. (Dissertação de Mestrado)
32. ROBERTS, A., GRISWOLD, L. Practical Photogrammetry from 35mm aerial Photography. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. V.52, n. 4, 1986, p 501-8.
33. ROSS, H. F. A New Comparator For SEM Stereophotogrammetry. Salisbury, England: Ross Instruments Ltd., 1986.
34. SÃO PAULO (Estado). Leis, Decretos, etc. Constituição do Estado de São Paulo. São Paulo: Assembléia Legislativa, 1989.
35. SILVA, J. F. C. da Câmara de Amador e Medição de Objetos. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 14º, 1989, Gramado, Anais... p. 10-13.
36. TAUKE, S. M., org. Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar. São Paulo: FUNDUNESP, 1991. 169p.
37. THOMSON, G. H. Evaluating Image Quality of Small Format Aerial Photography Systems. Photogrammetric Record, London, V.12, n.71, 1988, p. 595-603.
38. WOLF, P. R. Elements of Photogrammetry. Tokyo: International Student Edition, 1974. 562p.